



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**LOS PLASTICOS UTILIZADOS EN LA
MANUFACTURA DE EMPAQUES PARA
LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS**

TRABAJO ESCRITO

Que para obtener el título de

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

Presenta:

JUAN LEOPOLDO RODRIGUEZ CALLEJAS

México, D.F.

1992.

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

1.- Introducción

1.1.	Los alimentos y su protección	1
1.2.	Clasificación de los materiales de empaque	4
1.3.	Clasificación de los plásticos	16

2.- Los plásticos utilizados en la manufactura de empaques para la industria de los alimentos

2.1.	Los plásticos mas comunmente utilizados para alimentos	24
2.2.	Propiedades generales	25
2.3.	Propiedades individuales	29
2.3.1.	Celofán	29
2.3.2.	Poliétileno y Etileno	31
2.3.2.1.	Poliétileno de baja densidad	32
2.3.2.2.	Copolímero de etileno	34
2.3.2.3.	Poliétileno de alta densidad	37
2.3.2.4.	Poliétileno lineal de baja densidad	38
2.3.3.	Polipropileno	39
2.3.4.	Cloruro de polivinilo	41
2.3.5.	Cloruro de polivinilideno	44
2.3.6.	Etilen-vinil alcohol	47
2.3.7.	Poliestireno	49
2.3.8.	Poliéster	51
2.3.8.1.	Poliétilen Tereftalato	52
2.3.9.	Poliacrilonitrilo	54
2.3.10.	Policarbonato	55

2.4.	Procesos de transformación de los plásticos	58
2.4.1.	Proceso de Inyección	58
2.4.2.	Proceso de extrusión	62
2.4.3.	Proceso de Termoformado	63
2.4.3.1.	Blister Pack	64
2.4.3.2.	Skin Pack	65
2.4.4.	Proceso de extrusión-soplo	66
2.4.5.	Proceso de Inyección-soplo	67
2.4.6.	Proceso de moldeado por compresión	69
2.5.	Tipos de envases plásticos	70
2.5.1.	Envases flexibles	70
2.5.2.	Envases rígidos	70
2.5.3.	Cierres plásticos	71
2.5.3.1.	Cierres para bolsas	72
2.5.3.2.	Cierres para vasos	72
2.5.3.3.	Cierres para botellas y cuerpos huecos	74
2.5.3.4.	Liners	76
2.5.3.5.	Cierres inviolables	78
2.6.	Características de Barrera	80
2.7.	Interacción entre los envases plásticos y los alimentos	82
3.-	Consideraciones Ambientales	85
4.-	Comentarios finales	88
	Apéndice: Tablas y Gráficas	89
5.-	Bibliografía	98

CAPITULO I

1.1 LOS ALIMENTOS Y SU PROTECCION

La importancia que tienen los empaques usados en alimentos radica en la importancia que tiene los mismos alimentos, ya que son la fuente de energía necesaria para compensar lo que el organismo gasta en sus diversas manifestaciones. Desde el principio de la historia el hombre se ha preocupado por mantener y proteger sus alimentos, tenerlos listos para su consumo y es sabido que grandes y antiguas civilizaciones ya empleaban las técnicas que usamos hoy en día, entre otras se encuentran la egipcia, griega, romana y azteca. El fuego y el humo, el aceite y el vinagre, la fermentación, la sal, la cera y la miel eran utilizadas por estos pueblos para la preparación y conservación de sus alimentos.

El hombre siempre ha tenido que luchar contra los factores como el clima, microorganismos y la descomposición natural de alimentos para subsistir.

Por otra parte también es un hecho que ahora existe mas gente en el mundo y demanda alimentos de mayor calidad.

La conservación comercial de alimentos además de mejorar los suministros, también alienta y/o inicia las prácticas intensivas en la producción y al mismo tiempo reduce las pérdidas debido a la descomposición de los mismos.

Junto con esto aumenta el suministro y finalmente baja el costo de ellos.

Con el movimiento de alimentos de un lado a otro de un mundo que como ya hemos

dicho crece a un ritmo constantemente acelerado, los problemas de transporte y almacenamiento son cada vez mas importantes y es ahora que la ingenierfa de empaques ha tomado un auge, porque propone soluciones factibles y a bajo costo para esos problemas.

Actualmente se cuenta con diferentes métodos de conservación de alimentos, en los cuales se eliminan las alteraciones antes mencionadas. Entre los principales métodos de conservación de alimentos tenemos:

- Métodos físicos:

Aplicación de calor: escaldado, pasteurización, ultrapasteurización, esterilización.

Aplicación de frío: refrigeración, congelación.

Eliminación de agua: deshidratación, liofilización.

Aislamiento.

Extrusión.

Aplicación de radiaciones:

- Métodos químicos:

Acidificación.

Salado.

Ahumado.

Compuestos químicos como preservativos.

- Métodos biológicos:

Empleo de microorganismos específicos para lograr fermentaciones particulares (ácida, alcohólica, etc).

Una vez que los alimentos han sido sometidos a estos métodos de conservación requieren ser aislados de los factores adversos del medio ambiente con el fin de evitar futuras alteraciones, y es en este punto donde entra el empaque que debe ser funcional en la protección del alimento, debe prestarse al manejo mecánico, debe ocupar poco espacio y debe ser práctico en su aplicación en lo que respecta al costo.

Cabe mencionar que un empaque se diseña para un alimento específico, porque son sus necesidades las que determinan el tipo de empaque a emplear, por lo tanto la selección de un empaque depende de varios factores como son:

- Costo.
- Necesidades.
- Técnicas en operación de equipos de envasado.
- Transporte.

- Vida de anaquel, apariencia y primordialmente que proteja efectivamente al producto.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) bajo el título de "Principios de envasado de los alimentos" recomienda que características debe tener un empaque dependiendo del producto envasado.

1.2 CLASIFICACION DE LOS MATERIALES DE EMPAQUE.

Nuestra economía es una estructura compleja con muchas facetas y la importancia de los empaques, con éstos sistemas está comenzando a incrementarse significativamente. El crecimiento de los empaques está acompañado de un alto incremento en su desarrollo como en su tecnología, esto ocurre debido a que el primer contacto del producto con el consumidor es a través del empaque y éste debe mostrar sus características y propiedades de una manera fácil y rápida para que el consumidor decida que producto le conviene más.

Esta es una de la diversas funciones del empaque. A continuación se muestra una tabla de las funciones que cumple un empaque.

Función		Consideraciones
P r o t e c t i ó n	Función Protectora	·A prueba de gas ·A prueba de humedad · Impermeabilidad ·Protección contra los rayos del sol y ultravioleta ·Protección contra agentes atmosféricos ·Conservación del aroma.
	Estabilidad	·Protección contra agentes químicos ·Climatización ·Protección contra el calor ·Contra el frío ·Contra la congelación ·Contra la radiación ·Contra gases ·Contra altas temperaturas (retorta) ·Contra aceites ·Contra agua.
	Resistencia Física	·Resistencia a: la tracción, al estiramiento, al desgarre, a la flexión, al corte, al rozamiento, la compresión, contra punzadas, a golpes ·Suavidad.
Maquinabilidad		·Hermeticidad ·Deslizamiento ·Dotado de elasticidad ·A prueba de contracción térmica ·Estabilidad dimensional ·A prueba de rizado ·Obturación de sustancias heterogéneas ·Aptitud para adhesivos ·Protección contra electricidad estática.
Comodidad		·Portabilidad ·Fácil de abrir y cerrar ·Unidad de distribución ·Apto para impresión ·Modulable ·Posibilidad de reutilizar.
Factor económico		·Precio unitario ·Productividad ·Racionalización del empaque ·Carga y descarga ·Transporte ·Normalización ·Almacenamiento ·Sistematización ·Empaque adecuado.
Higiene		·Protección contra entrada de objetos extraños ·Contra olores desagradables ·Seguridad ·Control de reglamentación ·Protección contra falsificación ·Protección contra microbios ·Contra descomposición ·A prueba de cambios de olor
Comercialidad		·Aptos para rotulación ·Grado de suavidad ·Transparencia ·Lustre ·Efecto de coloración ·Grado de blancura ·Forma de estructura ·Moda ·Fácil de diferenciar ·Que sea agradable.
Aspecto social		·Apto para el proceso residual (Combustión, reciclaje) ·Suministro estable de recursos ·Reducción de recursos y energía ·Control de reglamentación.

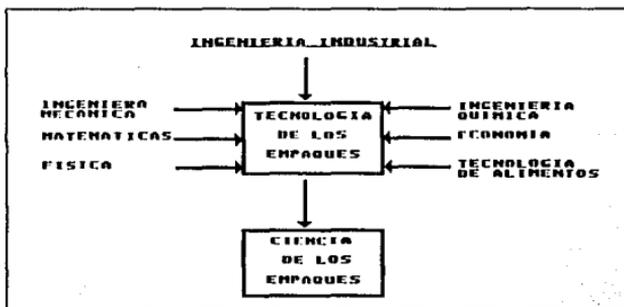
Detrás de un empaque podemos encontrar productos que han viajado grandes distancias,

soportando cambios atmosféricos, climatológicos y manipuleo, que el consumidor encuentra disponibles en los anaqueles (productos nacionales o internacionales), listos para disfrutarlos en su mejor estado, como si acabaran de producirse, por los que podemos resumir los objetivos de un empaque en los siguientes:

- Contener
- Cargar
- Distribuir, transportar.
- Brindar conveniencia.
- Reducir costos.
- Conservar
- Comunicar, informar.
- Motivar, vender.
- Promover, distinguir.
- Mostrar, representar.

Para efectos prácticos los elementos del empaque pueden resumirse en los siguientes: estructura, estética, comunicación y aspectos legales.

Para que un empaque cumpla con las funciones y objetivos, su desarrollo debe estar apoyado por áreas que faciliten llegar a la eficiencia máxima.



Conociendo de que un empaque debe dar protección mecánica, así como evitar alteraciones tanto biológicas como abióticas, debe cumplir con las siguientes características:

- Grado alimenticio.
- Características mecánicas adecuadas.
- Permeabilidad al vapor y al agua.
- Permeabilidad a los aromas.
- Permeabilidad al agua y a las grasas.
- Protección a la luz.
- Permeabilidad a los gases. (N_2 , O_2 , CO_2 , etc.)

Los materiales de empaque los podemos clasificar por su material y métodos de obtención en los siguientes campos:

- Papel y cartoncillo
- Cajas plegadizas
- Cajas de cartón
- Envases de vidrio
- Plásticos
- Películas, foils, laminaciones y recubrimientos.
- Envases metálicos

Papel y cartoncillo

El papel tal como se conoce en la actualidad fue desarrollado en China en el año 105

D.C., el papel se elabora generalmente de fibra de celulosa como madera, algodón, lino, caña de azúcar y otras.

La diferencia entre el papel y cartoncillo la encontramos en su espesor, siendo cartón cuando su grosor es mayor o igual a 0.012" (0.305mm) con algunas excepciones.

Los papeles mas frecuentemente usados en alimentos son:

- Papel Kraft.
- Papel pergamino vegetal.
- Papel resistente a grasas y papel Glassine.
- Papel Tissue.
- Papel encerado.

Cajas plegadizas.

Es quizá uno de los empaque más populares por su bajo costo y sobre todo su facilidad para almacenaje debido a que pueden ser dobladas ocupando un mínimo de espacio y la posibilidad de lograr excelentes impresiones, además de buena resistencia aunque si bien su resistencia es menor si las comparamos con cajas prearmadas o contenedores de plástico. Su resistencia está limitada por el proceso de manufactura, el cual no puede fabricar cartones mas gruesos de 0.032", ésto permite empaquetar productos que no excedan a 1.5 kg y por otra parte sus dimensiones no pueden exceder a unos cuantos centímetros por lado.

Para su manufactura se usan generalmente cortinas sulfatadas o sulfitadas dándole una flexibilidad suficiente para que no se quiebre cuando estos materiales son doblados.

Entre los materiales de manufactura mas comunes tenemos:

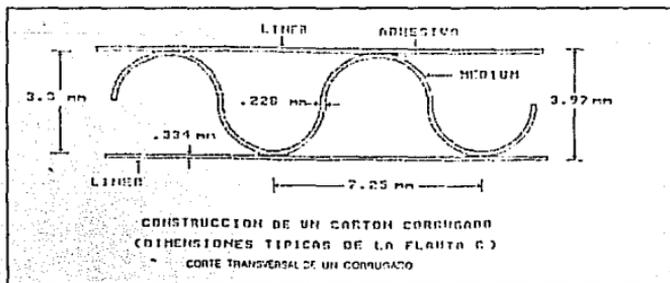
- Couché.
- Couché reverso madera.
- Cromekote.
- Kraft.
- Eurokote.
- Cartulina Vellum.
- Cartoncillo gris.
- Cartulina blanca o de color.

Cuando el armado de las cajas plegadizas se realiza en forma manual, debe considerarse el tipo de fondo de la misma ya que podemos encontrar desde los más fáciles, hasta los mas complicados.

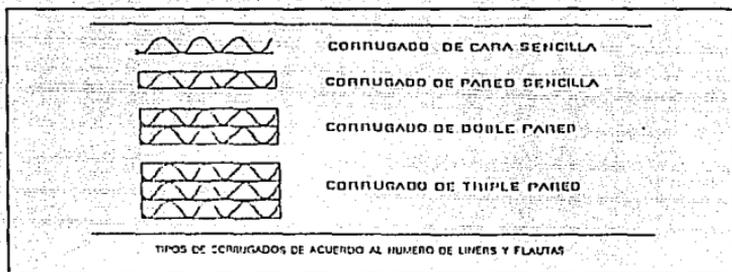
Cajas de cartón corrugado.

Por su costo y eficiencia, son el material de empaque mas utilizado, ya que además pueden lograrse impresiones aceptables sobre sus caras, dependiendo de los materiales usados y esto es muy importante, porque podemos imprimir mensajes acerca de como debe manejarse el producto y en que condiciones.

El cartón corrugado está formado por dos tipos de elementos, el liner y el material de flauta, también llamado médium. En el siguiente esquema los podemos distinguir.



El cartón corrugado está clasificado dependiendo del número de piezas que lo conforman:



Y también encontramos cuatro tipos de flauta, que se usarán dependiendo la aplicación a que se destine el corrugado.

FLAUTA	FIGURA	N. FLAUTAS POR M	GROSOR (mm)
FLAUTA A		110	4.76
FLAUTA B		167	3.17
FLAUTA C		338	3.97
FLAUTA E		315	1.58

Envases de vidrio.

El vidrio es uno de los materiales que más tiempo tiene de ser utilizado, su estructura depende mas de su tratamiento térmico, que de su composición química.

La composición típica de una botella de vidrio es:

- Oxígeno 60%.
- Silicio 24%.
- Sodio 10%.
- Calcio 4%.
- Aluminio 2%.

Estos elementos se presentarán generalmente en forma de óxidos como: Si O_2 , Na_2O , CaO y Al_2O_3 .

Los principales ingredientes de vidrio son: arena, ceniza de sosa y piedra caliza, habiendo dos principales procesos de fabricación.

- a) Proceso soplo-soplo: Utilizado para la fabricación de frascos de boca angosta.
- b) Proceso prensa-soplo: Utilizado para fabricación de frascos de boca ancha.

Además estos envases se pueden pigmentar o imprimir sobre ellos. Una de las partes mas importantes por su función, dimensiones y eficiencia, es sin duda la boca o corona del envase. Existen diversas formas, cada una con características particulares y usos muy definidos.

Películas, foils, laminaciones y recubrimientos.

Cerca de la mitad de la producción de termoplásticos usados en empaques se dividen en un 45% como películas (menor a 0.15 " de grosor) y un 5% como hojas (mayor a 0.15" de grosor).

Estas pueden obtenerse básicamente de tres formas:

- Procedimiento de colada.
- Proceso de calandrado.
- Proceso de extrusión. (mayormente usado).

Los foils son hojas delgadas de aluminio, que se utilizan solas o en combinación con otros materiales, con el fin de proporcionarle otras características, para proteger al producto de la acción total de los gases. Su elaboración consiste en fundir el aluminio y una vez en lingotes, hacerlo pasar por rodillos hasta obtener el grosor deseado.

Las laminaciones son estructuras complejas que se componen de dos o más elementos como películas, papeles, foils, etc.

Estos materiales se unen ya sea por extrusión o por adhesivos hasta formar una lámina de varios extractos.

Los recubrimientos son estructuras similares a las laminaciones, que son tratados con algún componente, el cuál es aplicado sobre su superficie.

En resumen, las laminaciones, los recubrimientos y una tercera estructura, las coextrusiones, son estructuras que unen las propiedades de los diferentes componentes que los forman, obteniendo materiales con características especiales y bien definidas.

Tapas, liners y cierres inviolables.

Se cree que el desarrollo de las tapas creció junto con el de los recipientes al ser necesario que el alimento contenido en el envase fuera protegido en su transportación o en su

misma estancia dentro de este cumpliendo con dos objetivos:

- 1.- Sellar de tal modo que el contenido no se salga o que penetren elementos extraños.
- 2.- Facilitar el abrir y cerrar el envase, el número de veces que sea necesario.

Actualmente encontramos seis diferentes tipos de tapas:

- Tapas de rosca.
- Tapas de presión.
- Tapas de ancla (Twist off).
- Tapas de corona.
- Tapas de vacío.
- Tapas inviolables y de seguridad.

Y son elaboradas principalmente en aluminio, hojalata y plástico.

El liner de una tapa se define como el material que crea un sello entre la tapa y el envase, y son utilizados independiente del tipo de tapa.

Su función principal, entre otras es lograr un sello que compense la tolerancia o pérdida de presión entre la superficie de contacto de la tapa con el envase.

Los liners se clasifican en homogéneos y heterogéneos, dependiendo del número de materiales que los componen.

Los cierres de plástico, hechos básicamente de polipropileno, polietileno de baja y alta densidad y poliestireno, pueden presentar formas tan caprichosas como el consumidor requiera.

Las podemos dividir de acuerdo a su función en:

- Cierres para bolsas.
- Cierres para vasos.
- Cierres para botellas y cuerpos huecos (de presión y de rosca).

Los primeros pueden ser elementos independientes de la bolsa o como parte integral de la misma. Los cierres inviolables tienen como objetivo ofrecer al consumidor la seguridad de que el producto no ha sido alterado voluntaria o involuntariamente hasta que él mismo lo abre. Es muy útil en la industria farmacéutica donde una adulteración provocaría problemas muy serios.

Existen varios tipos de cierres inviolables, entre los que podemos mencionar:

- Bandas encogibles.
- Películas envolventes.
- Tapas inviolables.
- Sellos de garantía.

Envases metálicos.

Desarrollados a principios del siglo XIX y muy usados en la actualidad, las latas utilizadas en alimentos son principalmente de hojalata electrolítica y en otros casos de lámina cromada (TFS) libre de estaño, sobre todo para tapas y fondos. Para envases de bebidas se utiliza principalmente el aluminio.

Los cierres ocupan un papel muy importante en los envases metálicos por su naturaleza, ya que normalmente debe buscarse el modo de evitar filtraciones y que éstos se pongan en

contacto con los alimentos, las formas de los envases metálicos también son variadas (cilíndricas, rectangulares, tipo sardina, tipo estuche y una modalidad diferente que es el tipo colapsable).

Adhesivos.

Cuando hablamos de la fabricación de empaques no podemos olvidar a los adhesivos, esto se entenderá mejor con la definición de adhesivos: Un adhesivo es una sustancia capaz de juntar dos superficies para la formación de una unión, pudiendo ser materiales iguales o completamente distintos. Y es que esta característica del adhesivo mejora al empaque tanto en funcionalidad como en estética.

Hay dos clases de adhesión: Específica y Mecánica. Siendo la primera una unión entre superficies que son sostenidas juntas por fuerzas moleculares, allí donde las superficies no son porosas y la penetración no es posible. Estas fuerzas se relacionan con la polaridad y el tamaño de la molécula.

La segunda se refiere a la unión entre superficies en las cuales el adhesivo sostiene juntas las partes por entrelazamiento y penetración física.

Los adhesivos los podemos clasificar primeramente en: Naturales y Sintéticos. Entre los adhesivos usados para empaques tenemos:

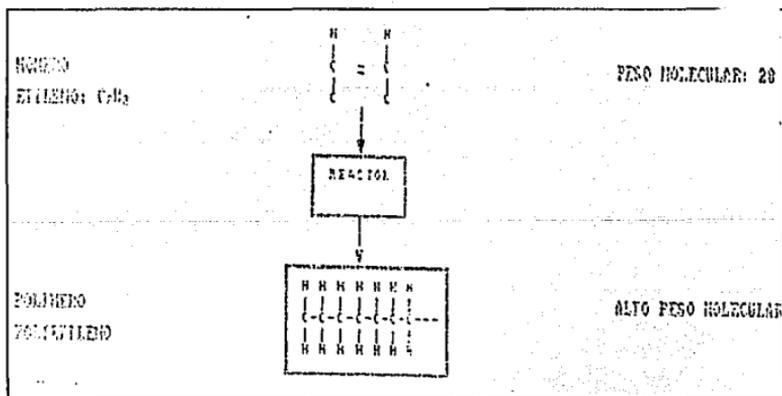
- Adhesivos vegetales: pastas, jaleas adhesivas (Jelly Gums), dextrinas (boratadas y no boratadas).
- Adhesivos de Cola Animal:
- Adhesivos de caseína.
- Adhesivos de emulsiones sintéticas.

- Adhesivos de látex.
- Lacas.
- Hot melts.

1.3 CLASIFICACION DE LOS PLASTICOS

Existen muchos tipos de plásticos, estas son moléculas cristalinas o amorfas, son largas cadenas de alto peso molecular (polímeros), sintetizados a partir de moléculas mas simples llamadas monómeros, los que generalmente se obtienen de aceite crudo o de gas natural y algunas veces de carbón, arena y sal, como el etileno y estireno. Otros como los plásticos celulolíticos se obtienen de polímeros naturales como la celulosa de algodón.

Proceso de polimerización:



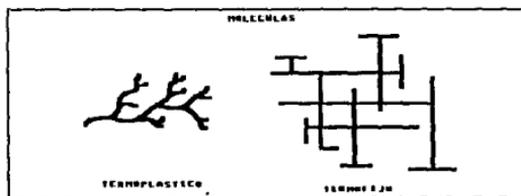
Las propiedades de los plásticos pueden ser modificadas durante la polimerización, influyendo el calor, la presión, la catálisis y su combinación dentro de los reactores.

Muchas de las propiedades físicas de los plásticos como son la resistencia a la tensión, al rasgado, al impacto, permeabilidad a los gases, rigidez y resistencia al ablandamiento por efecto de la temperatura son dados por la densidad.

Los plásticos se dividen en 2 clases, dependiendo de su capacidad de fundirse y moldearse una y otra vez:

- a) Termoplásticos: Estos plásticos después de ser procesados pueden ser reutilizados, fundiendo y moldeándolos nuevamente, conservando sus características, pero cabe mencionar que después de varias reutilizaciones comienzan a degradarse por lo que su reciclaje se efectúa mezclando un pequeño porcentaje de plástico reciclado con plástico nuevo.
- b) Termofijos: Tienen la característica de que una vez que se forma la pieza fabricada en este material, no puede ser reutilizada la resina directamente.

En condiciones fluidas son reactivos químicamente fijos y son endurecidos por reacciones adicionales conocidas como de cruzamiento.



Compendio.

Plásticos: Moléculas cristalinas o amorfas, de alto peso molecular.

Polímeros. Los monómeros y polímeros últimamente derivados se obtienen de aceite crudo o gas natural, pero algunas veces vienen del Carbón, arena, sal y aire.

Polímeros de adición: Cuando reaccionan 2 moléculas diferentes y se presentan enlaces entre ellas, removiendo 1 molécula de Hidrógeno. Secuencialmente ocurre 1 enlace y así sucesivamente hasta que un radical terminal de la cadena se pierde. Ejemplos: Poliestireno, acrílicos, vinilos, fluropásticos y otros.

Polímeros de condensación: Son hechos por la reacción de 2 diferentes moléculas, las cuales tienen dos grupos reactivos finales. Con el crecimiento de la cadena, la formación de cada enlace es acompañada por la producción de una pequeña molécula de agua, la cual puede ser removida o alcanzar un alto grado de polimerización.

Hay dos clasificaciones principales de plásticos. Las propiedades de los plásticos pueden ser modificadas durante la polimerización, influyendo el calor, la presión, catálisis o su combinación dentro de reactores.

La dureza de la estructura en el doblado depende directamente de los modelos del material y además del volumen de la estructura. Los plásticos son usados en combinación con muchos otros materiales para producir estructuras no posibles sin alguno de ellos.

Termoplásticos

- Acetal
- Acrílico

ABS Polimerizados
Acrilonitrilo-Butadieno
Estireno

SAN: Copolímeros

-Estireno
-Acrilonitrilo
Acetal

Acrílico

Nylon

Policarbonato: PC

Poliésteres

Poliolefinas

ABS/Nylon
ABS/PC
ABS/PVC
ABS/POLISULFONO
ABS/PVC/POLIESTER
ABS/POLIURETANO(PVR)
ABS/ESTIRENO HIDROGENADO
ABS/ESTER ACIDOS DE ACRILICOS
ABS/ETILENO ACETATO DE VINILO(EVA)
ABS/PROPILENO-ETILENO(EPDM)
ABS/POLIETILENO CLORINATADO(CPE)
ASA/PC
ASA/PMMA
ASA/PVC
ACETAL/ELASTOMER
ACETAL/PTFE
PMMA/PVC
NYLON/ETILENO
NYLON/PTFE
NYLON/PE
PC/POLIBUTILENO TEREFTALATO(PBT)
PC/POLIETILEN TEREFTALATO(PET)
PC/ESTIRENO ANIHDRIDO M.(COPOLIM.SMA)
PC/PE
PC/POLIURETANO ELASTOMETER
PBT/PET
PET/PMMA
PET/POLYSULFONE
PET/ELASTOMERS
PET/ELASTOMETER
PP o PE/EPDM o EPM
POLYOLEFIN/IONOMERO
LDPE
PE/POLISOBUTILENO (PIB)
HDPE
LLDPE

• aleaciones y
mezclas

- aleaciones y mezclas	}	Polifenileno-Ether	}	PPE/PS ALTO IMPACTO
		Polyphenylen Sulfide		PPS/PTFE
		Poliestireno	}	PS/ELASTOMERS
				SMA/PC ALTO IMPACTO
PVC:Cloruro Polivinilo	}	SAN/EDPM		
		PVC/CPE		
		PVC/GOMA DE NITRILO		
				PVC/EVA
				PVC/PU

- celulofílicos	}	Etilo de celulosa
		Nitrato de celulosa
		Triacetato de celulosa
		Acetato, propionato y butirato de celulosa

- Fluoroplásticos	}	Politetra fluoroetileno (PTFE)
		Fluorinated ethylene propylene (FEP)
		Resina perfluoro alcoxica (PFA)
		Policlorotrifluoroetileno (PCTFE)
		Copolímero clorotrifluoroetileno-etileno (ECTFE)
		Copolímero tetrafluoroetileno-etileno (ETFE)
		Fluoruro de polivinilideno (PVDF)
		Fluoruro de polivinilo (PVF)

- Polímeros líquidos cristalinos (LCPs)
- Resinas de nitrilo
- Nylon
- Polifenileno-éter, modificado (PPEs)
- Poliamida-imida(PAI)
- Poliariilato
- Polibutileno(PB)
- Policarbonato(PC)

• Poliéster

• Bases cetónicas

• Polietileno

Polibutilentereftalato (PBT)

Polietileno Tereftalato (PET) y Reforzado (RPET)

Polieterimida

Polieter etercetona (PEEK)

Polietercetona (PEK)

Polietileno de baja densidad (LLDPE) lineal

Polietileno de ultrabaja densidad (ULDPE)

Polietileno de alta densidad (HDPE)

Polietileno de alta densidad y alto peso molecular (HMW-HDPE)

Polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE)

Ramificaciones

del polietileno

Polietileno de baja densidad (LDPE)

Etileno-acetato de vinilo(EVA)

Etileno-metacrilato (EMA)

Etileno-etilacrilato (EEA)

Etileno-Butil acrilato (EBA)

Copolímero ácido-etileno

• Ionómero

- Copolímero etileno -alcohol-vinilo (EVOH)
- Poliamida
- Polyphenylen sulfide (PPS)
- Polimetilpentano
- Polipropileno(PP)
 - } Homopolímero (PP)
 - } Copolímeros de impacto (PI)
 - } Copolímeros al azar (PP)
- Poliestireno (PS)
 - } Cristal PS
 - } Impacto PS
 - } Expandible PS mezclas
- Acronitrilo, butadieno y estireno (ABS)
- Acrílico-estireno-acrilonitrilo (ASA)
- Stiren-acrilonitrilo (SAN)
- Olefina modificada de SAN
- Estiren-butadieno
- Acrilonitrilo, polietileno clorinado y estireno (ACS)
- Anhidro maleico-estireno (SMA)
- Bases de sulfono
 - } Polisulfono
 - } Polietersulfono (PES)
 - } Poliarisulfono
- Termoplásticos
 - } Aleación elastomérico-TPE (TPV)
 - } Ingeniería TPE (ETE)
- Elastoméricos
 - } Olefinic TPE (TPO)
 - } Estirenico TPE
- Bases vinílicas
 - } Cloruro de polivinilo (PVC)Dispersión
 - } Suspensión PVC
 - } Cloruro de vinilideno (VDC)

Termofijos.

- Allyl.
- Amina.
- Bismaleimides.
- Epoxy.
- Fenólico.
- Alkid poliéster.
- Poliester insaturado.
- Polyamida.
- Poliuretano (PUR).
- Silicones.

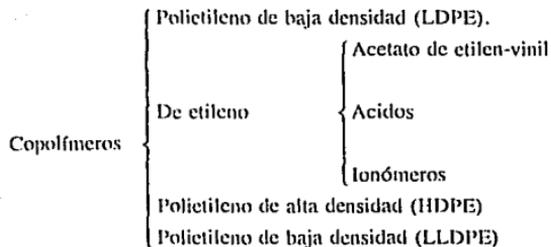
CAPITULO 2

LOS PLASTICOS UTILIZADOS EN LOS MATERIALES DE EMPAQUE

PARA LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS

2.1 LOS PLASTICOS MAS COMUNMENTE UTILIZADOS PARA ALIMENTOS.

- Celofán



- Polipropileno (PP).
- Cloruro de polivinilo (PVC).
- Cloruro de polivinideno (PVDC).
- Alcohol vinil etileno (EVOH).
- Poliestireno (PS).

- Poliéster: Polietilén Terftalato
 - { PET
 - { PETG
 - { CPET
- Policarbonato
- Poliamidas.
- Poliacrilonitrilo (PAN).

2.2 PROPIEDADES GENERALES

Muchas propiedades de los plásticos, ya sea combinados o individuales, les han hecho ganar la batalla a otros materiales de empaque, la mayoría de la aceptación para empaques de alimentos.

Entre las principales propiedades podemos encontrar:

- 1.- Baja densidad: La densidad de la mayoría de los plásticos usados en empaques oscila entre 0.9 a 1.4 g/cc que comparada con la de otros materiales como:

Acero: 8.0 g/cc.

Aluminio: 2.7 g/cc.

Vidrio: 2.6 g/cc

Polímero cubierto de celofán: 1.5g/cc

Sin embargo los radios de tensión fuerza/peso son superiores a la mayoría de los plásticos comunes, por ejemplo el papel:

papel: 0.8 a 0.9 g/cc.

El papel es mucho mas ligero pero tiene una resistencia a la humedad tan baja, que no puede competir en aplicaciones útiles para empaques de alimentos por lo que se combina con plásticos para reforzar su impermeabilidad.

Este promedio de la densidad de los plásticos les permite suministrar empaques ligeros, lo que reduce de manera importante los costos de empaque, aumenta la facilidad de manejo en los centros de distribución y para el propio manejo del consumidor.

- 2.- Resistencia al rompimiento: Para las dimensiones delgadas, normalmente utilizadas para empaques de plástico rígido, su resistencia al rompimiento es mucho mas efectiva que la del vidrio. Esta razón junto con la de la baja densidad, son los principales motivos para que el plástico haya substituido en tantas aplicaciones al vidrio.
- 3.- Eliminación de bordes afilados: Esta propiedad íntimamente ligada con la número 2 elimina el riesgo de fragmentos de material en los alimentos, como no sucede en los envases de vidrio. También evitan el riesgo de los bordes afilados que suelen presentarse al destapar algún empaque metálico, mejorando el acceso por parte del consumidor al alimento.
- 4.- Sellabilidad: Todos los empaques flexibles son cerrados del mismo modo por "sellado por calor" un proceso que puede efectuarse en la misma máquina de empaque, creando un cierre firme, hermético y a relativa baja temperatura (100 a 250°F). Incluso se han desarrollado resinas que sellan excelentemente en presencia de grasas, líquidos y polvos.
- 5.- Flexibilidad en su fabricación: Todos los plásticos comunes pueden ser fácilmente convertidos en películas delgadas, fuertes, y claras que ningún otro material de empaque. Los plásticos tienen la facilidad de crear tantas formas como la imaginación lo permita.

- 6.- Durabilidad ambiental: Del mismo modo que el vidrio, los plásticos no se pudren ni pueden ser atacados por mohos; son resistentes a la degradación de factores ambientales así como a la luz ultravioleta. Es importante reconocer que por el número de empaques plásticos producidos actualmente esta durabilidad ahora es un valor ambiguo.
- 7.- Impermeabilidad al O_2 y al vapor de agua: Aunque el vidrio, metal y hojas de aluminio son totalmente impermeables a estos gases, los plásticos pueden competir con estos materiales por su menor costo. Los plásticos homopolímeros no tratados como son el polietileno y polipropileno crean una barrera a la humedad para muchas aplicaciones, además para los empaques flexibles, es posible crear películas multicapas que suministren una barrera al O_2 y a la humedad a bajo costo, en el caso de empaques rígidos, es una tarea más complicada, aunque recientes desarrollos han hecho posible su aplicación en algunos alimentos sensibles al O_2 . Sin embargo no hay que olvidar que los empaques hechos solo de plástico no tienen una barrera infinita al O_2 como la tienen los metales y el vidrio.
- 8.- Control de empaque ambiental: Por otro lado la permeabilidad finita de los plásticos a los gases se puede aprovechar para diseñar empaques para productos frescos (que continúan respirando después de cosecharlos, madurando), logrando aumentar su vida de anaquel al poderse empaquetar en materiales selectivamente permeables al O_2 y CO_2 que mantengan una relación óptima O_2/CO_2 con el ambiente circundante con el producto.
- 9.- Protección al olor: Muchos plásticos suministran una excelente barrera para prevenir la contaminación a alimentos de olores indeseables aún de los propios materiales de empaque. A este respecto, los plásticos no son mejores que un vidrio o metal, pero sí muy superior al papel sin tratar.

- 10.- Control a la luz y apariencia del empaque: Podemos encontrar a las hojas y películas plásticas no modificadas en apariencia desde cristal claro a brumoso. Se pueden agregar pigmentos o tintas solubles para producir un colorido de transparente a opaco. En fin, la versatilidad tan grande le da al empaque diseñado, libertad para mostrar claramente su contenido.
- 11.- Receptividad de impresión: El poder imprimir las características y ventajas del producto es una herramienta sumamente importante para la aceptación del mismo por el consumidor. El papel tiene una considerable ventaja en este aspecto sobre los plásticos, puesto que algunos requieren un pre-tratamiento para desarrollar este atributo, sin embargo tiene ventaja sobre el metal y el vidrio que son difíciles de imprimir y requieren tratamientos mucho más caros que los del plástico.
- 12.- Receptividad a baños metálicos: Baños muy delgados de aluminio pueden ser fácilmente depositados en sustratos plásticos en cámaras de alto vacío. Resultando productos menos caros que las hojas de aluminio y funcionalmente superiores en algunos casos. Son usados en empaques flexibles proporcionando una barrera a la luz, humedad y al O_2 .
- 13.- Componentes inherentes al sabor: los plásticos de hoy no contribuyen con sabores indeseables al alimento, ni alteran el gusto del alimento extrayendo ingredientes de sabor esencial, salvo algunos plásticos comunes de bajo costo como poliolefinas que separan importantes saborizantes de pocos productos.
- 14.- Resistencia al desgarre y perforación: Este atributo da a los plásticos un mejor borde que el del papel y las hojas de aluminio en empaques flexibles y en cuanto a las películas plásticas son más resistentes que las películas de aluminio, cuando los empaques hechos con estos materiales son sujetos a repetidas flexiones.

- 15.- Flexibilidad a baja temperatura: Las películas plásticas quedan flexibles a bajas temperaturas, es su principal característica en cuanto a su desplazamiento como empaques.

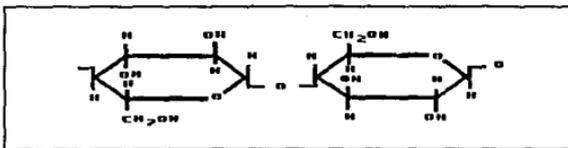
2.3.1 Celofán

Hecha de pulpa de madera disuelta (Celofán), tratada químicamente y moldeada en forma de película, ya que el proceso no puede producir artículos que tengan forma, ni las dimensiones de la película pueden ser modificadas una vez hechas.

El Celofán fue la primera película de empaque (producido por vez primera en un laboratorio inglés en 1892).

Una película clara, de ahí lleva su nombre ("Cellulose" y "Diaphane" que se puede traducir como celulosa transparente) y esta característica le abrió las puertas al mercado.

Química: El celofán es celulosa regenerada y esta es bastante diferente de otras películas claras. No es un termoplástico, pero con un baño de algún termoplástico alcanza un sellado térmico aceptable. La molécula básica es: $(C_6H_{10}O_5)_n$



Propiedades: El celofán tiene excelente claridad y brillantez, fácil de maquinar. El sellado térmico no es crítico, aunque la temperatura puede tener un rango de variación hasta de 50°F,

da un buen enlace. Cuando está mellado, es fácilmente rasgado, lo que puede ser bueno o malo según su aplicación, por ejemplo, cuando queremos abrir fácilmente por medio de una cinta quebradiza un artículo, el celofán es insuperable para facilitar esta función. Es un buen sustrato para baños y laminaciones puesto que es la única película transparente que no se suaviza con calor. Las muchas variedades de celofán garantizan su versatilidad.

Aunque por otro lado, el celofán no tiene la vida de anaquel de las olefinas, este se encoge y consigue quebrarse bajo condiciones secas y sus características de rasgado que lo hacen fácil de remover de un empaque que puede ser un problema en la máquina o en el lugar del mercado, si el borde consigue estrellarse o arañarse o la envoltura comienza a romperse. En comparación con las películas de Polietileno, el celofán tiene mejor transparencia y superficie brillante y reluciente. Los rangos de transmisión de humedad son parecidos, pero el celofán tiene una mejor barrera para oxígeno, grasa y sabores. No es firme como el polietileno para productos pesados y el costo del celofán es una tercera parte mayor.

La película de celofán la podemos encontrar en grosores que van de 0.023 mm (0.0009") a 0.038mm (0.0016") y usualmente cubiertos con nitrocelulosa (NC) o PVDC. Estas capas le proporcionan las características necesarias para un sellado térmico aceptable y barrera a los gases, ofreciendo diferentes grados de permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua. En las películas de celofán se mantiene una relación entre la humedad y la permeabilidad a los gases, siendo, a mayor contenido de humedad en la película es mayor la permeabilidad a los gases y cuando está prácticamente seca es impermeable, aunque en este caso es quebradiza.

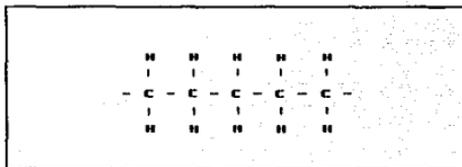
El celofán tiene un modelo altamente flexural, haciendo a la película dura, característica altamente deseable que le permite a la estructura correr fácilmente en la máquina de empaque.

2.3.2 Polietileno y etileno.

Es el grupo de plásticos mas usados actualmente y se encuentra dividido en:

- Polietileno de baja densidad (LDPE).
- Copolímeros de etileno.
- Polietileno de alta densidad (HDPE).
- Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE).

Descubierto en Inglaterra en la década de los 30's, tiene una de las estructuras mas simples, siendo esencialmente una cadena de hidrocarburo lineal.



Conteniendo cada cadena cientos y hasta miles de átomos de carbón. Pequeñas cantidades de cadenas laterales pueden estar presentes. Estas cadenas imparten características bien específicas, dependiendo de su cantidad y de su tamaño.

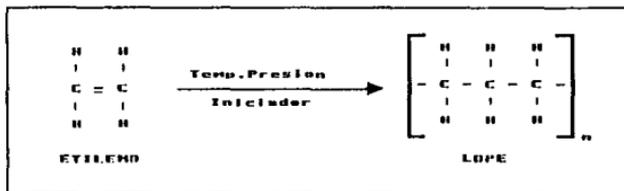
Teniendo el menor costo de todas las películas transparentes, el polietileno junto con sus otras características ocupa un lugar muy importante dentro de los materiales de empaque para alimentos. Otra de sus propiedades importantes es la baja transmisión de humedad, aunque su deficiente barrera a los gases sea una desventaja para algunas aplicaciones, sin embargo para otros empaques como para productos frescos donde es necesario una salida de CO_2 y la admisión de O_2 , para proteger la vida de anaquel de frutas y verduras, no lo es tanto.

FDA: El polietileno por si solo es aceptado para empaacar alimentos y productos farmacéuticos siempre y cuando no se acompañe de aditivos o agentes no aceptados en su uso o en procesos de manufactura.

2.3.2.1 Polietileno de baja densidad.

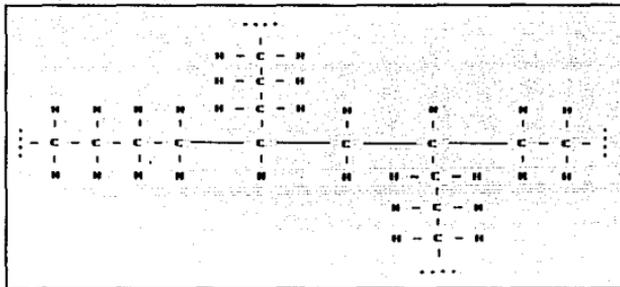
Fue el primero de su clase en ser desarrollado como un material de empaque y fue introducido poco después de la Segunda Guerra Mundial.

Química: Es una cadena larga de unidades repetidas de etileno.



Esta hecho a muy altas presiones (25,000 psi), temperaturas alrededor de los 300°F y bajo la influencia de promotores de radicales libres. Estos radicales libres se unen para formar el polímero. A este proceso se le conoce como "Polimerización de radicales libres". El polímero es aislado como partícula sólida, estas son disueltas y extruías a través de un dado que corta los hilos extruídos en pellets para embarcarlos y procesarlos mas tarde.

Durante este proceso, muchos lados de las cadenas se ramifican:



Y estas cadenas laterales interfieren con la cristalización y provocan la reducción en características como la dureza y la resistencia al impacto, así como mejoran la claridad y algo muy importante, reducen la densidad.

Propiedades: En resumen las películas de LDPE son típicamente suaves, flexibles, fácilmente estiradas, buena aunque no excelente claridad, buena barrera a la humedad y pobre al O₂. Contribuye a conservar los olores y sabores de alimentos, son fácilmente sellados con calor.

Estas características, ligadas al muy bajo costo por unidad de área (el menor de cualquier película de empaque) han hecho de este plástico el material de empaque más ampliamente usado.

Su principal aplicación en alimentos es como adhesivo en estructuras multicapas a prueba de agua, grasa, cubriendo materiales de empaque como cartoncillo y como película para producir empaque para artículos cocidos.

2.3.2.2. Copolímeros de etileno.

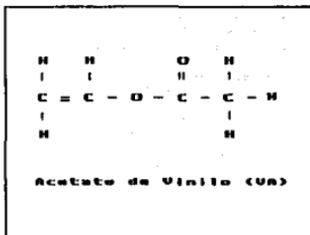
Muchos monómeros de hidrocarburos insaturados pueden ser copolimerizados con etileno y son ampliamente usados como materiales de empaque especializados.

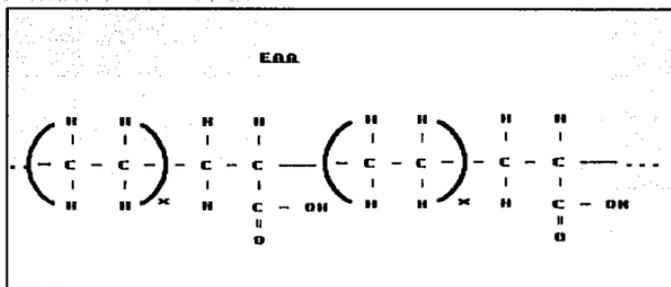
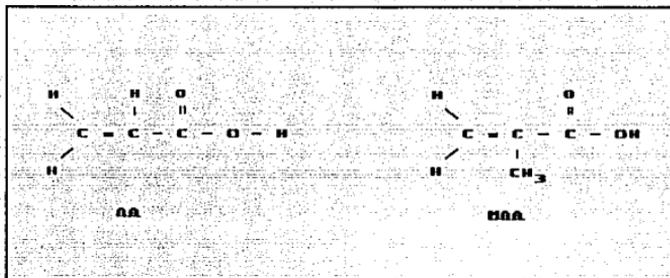
- a) Etileno: Acetato de vinilo (EVA). El más común de estos copolímeros es el acetato de

vinilo, que copolimerizado con etileno forma el EVA; copolímero que contiene de un 6 a un 18 % de acetato de vinilo. La resina plástica resultante es ampliamente usada como adhesivo por co-extrusión y haciendo películas que tengan todas las propiedades deseables del LDPE pero más resistentes y solo escasamente más altas en costo. Otra aplicación importante es que es la base de muchas resinas de

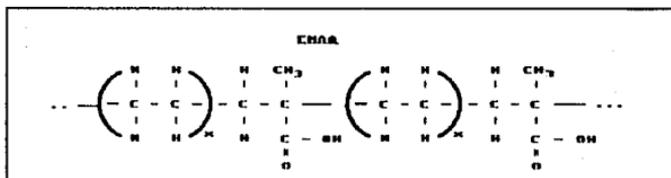
capas unidas usadas en coextrusión cuando se quieren unir películas químicamente dispersas; por ejemplo; para unir una película polar con una no polar, necesitan basarse en una capa de EVA, teniendo características polares y no polares en la misma molécula, análogo al uso de un surfactante en detergentes.

- b) Copolímeros Ácidos. Un polímero de etileno más especializado está hecho por polimerización de radical libre a alta presión del ácido de acrílico (AA) o del ácido metacrílico (MAA) con etileno para formar EAA o EMAA.





(X = 2 o mas, dependiendo del contenido en % del ácido en el polímero).



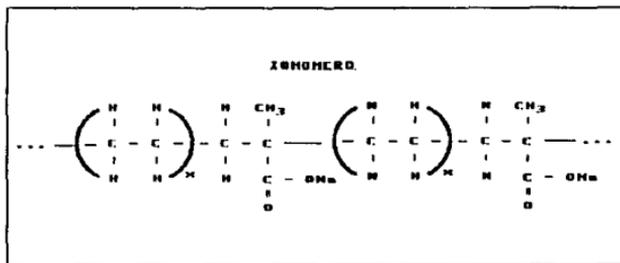
Son copolímeros muy similares que contienen de 5 a 15% de AA o MAA. Tienen una adhesión superior a hojas de aluminio, gran claridad y resistencia. La principal limitación para la aplicación de estos materiales, es el costo de los monómeros AA y MAA y el costo de los copolímeros ácidos es por lo menos lo doble que el LDPE o el EVA: Sólo cuando sus propiedades superiores son requeridas es que son empleados.

Su principal uso es como adhesivo en estructuras de empaque conteniendo hojas de aluminio o en situaciones de adhesivos donde un excelente "hot tack" es requerido.

Aunque los copolímeros ácidos pueden estar como películas, su uso es poco, debido a que los ionómeros tienen mejores propiedades para muchas aplicaciones de empaque.

c) Ionómeros. Son copolímeros EMAA, los cuales tienen alguno de los átomos de hidrógeno del grupo carboxilo sustituido por un átomo de Sodio o de Zinc.

Se obtiene por adición de sales de sodio o de zinc en el reactor para polimerización de alta presión junto con etileno monómero ácido apropiado. El copolímero ácido es neutralizado parcialmente con compuestos de sodio o de zinc en una segunda etapa, después que este es hecho.



(No todos los grupos carboxilo tienen el hidrógeno sustituido por sodio).

Comparados con LDPE y EVA o resinas de copolímeros ácidos, los ionómeros tienen características de sellado térmico sobresaliente y pueden ser usados para producir películas de dureza y claridad inusual.

Son ampliamente usados en empaques que son de copolímeros ácidos y que aunque están al doble de caros que el de LDPE o EVA, son extensamente usados donde:

- Un excelente "Hot Tack" es importante.
- Garantizar un sello hermético es necesario, para empaques de productos con alto contenido de grasas como las carnes.
- La excelente adhesión a hojas de aluminio es esencial, como en el cartón de jugo de tetra pack.
- Cuando el fabricante quiere formar un empaque tipo piel. Esto se logra tirando la película del ionómero calentado por debajo y a través del objeto para ser empacado y es sellado por calentamiento de la película con un apoyo de cartoncillo. En este proceso la película del ionómero sigue exactamente el contorno del objeto a ser empacado sin sufrir perforaciones cuando encuentra bordes afilados a esquinas. Obteniendo un empaque con mucha claridad, virtualmente invisible.

2.3.2.3 Polietileno de alta densidad. (HDPE)

Comercializado después que el LDPE. Químicos descubrieron que era posible polimerizar el polietileno a mucho más bajas presiones, si una catálisis coordinada era usada al inicio del proceso de polimerización del etileno, disuelto en un medio de hidrocarburos.

Química: Se obtiene como se menciona arriba, por una polimerización a bajas presiones. El polímero resultante es recubierto de la reacción base. Los materiales sin reaccionar pueden ser reciclados y la resina es peletizada de la misma manera como lo hacen con el LDPE. Actualmente se desarrolla un proceso en fase gaseosa.

Propiedades: Por la diferencia con el proceso de obtención del LDPE, nos encontramos con un HDPE de mayor densidad (aprox. 0.940 g/cc), pocas cadenas largas enramadas y un alto grado de cristalización. Contribuyendo para obtener un producto firme a la tensión, rígido, duro y muy impermeable a los gases en películas o en hojas. Sin embargo su claridad y resistencia al impacto son reducidos debido a su grado de cristalización.

La fuerza es quizás su propiedad mas importante y está en función de su peso molecular. Es por esto que las bolsas de almacenen y de basura son hechas de HDPE de muy alto peso molecular para proporcionarles una fuerza asombrosa.

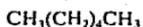
Sus aplicaciones son bastantes debido a que el HDPE es uno de los polímeros mas versátiles usados en empaques y junto con su bajo costo lo podemos encontrar en forma de películas o artículos moldeados de todas clases. Es ampliamente usado para películas de empaque y para moldear frascos, jarras y botellas que tengan la necesidad de gran fuerza y rigidez; esta característica compensa su poca claridad.

2.3.2.4 Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE).

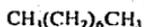
Química: Al agregar un comonomero insaturado como el butano, hexano u octano al etileno en el proceso del HDPE; con una presión alrededor de 300 psi en condiciones de reacción alterada y catálisis es producida esta tercera forma de polietileno.



butano



hexano



octano

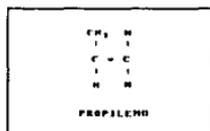
Propiedades: Su densidad esta en el mismo rango que la del LDPE pero el grado de cadenas ramificadas es gradualmente menor. Combina la claridad y el excelente sello térmico del LDPE con la fuerza y dureza del HDPE.

El concepto de empaque como bolsas de leche, estaba condenada al fracaso comercial por su elevado costo a causa del uso de películas de ionómeros de alto costo para obtener su excelente capacidad de sellado a través del producto. Sin embargo las películas LLDPE que pueden ser herméticamente selladas por calentamiento a través de capas de leche y que están disponibles a la mitad del costo del de las películas de ionómeros han venido a incrementar el uso de este concepto comercial.

2.3.3 Polipropileno (PP).

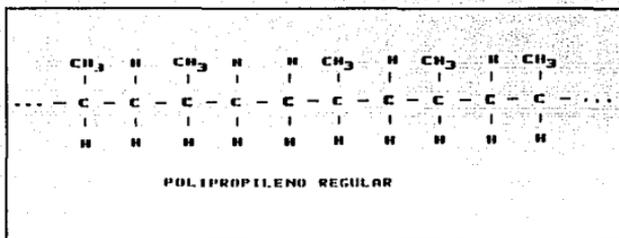
El polipropileno es similar en algunos aspectos al polietileno, pero tiene una estructura molecular mas complicada. Es un polímero termoplástico con un peso específico bajo y buena resistencia a químicos. A conseguido amplia aceptación en aplicaciones para fibras y películas moldeadas por inyección para partes de automóviles y empaques de alimentos.

Química: Las moléculas de propileno se combinan para dar polímeros de cadenas largas.



Se combinan presiones de 200 psi en un proceso con un hidrocarburo y la presencia de un catalizador (Proceso en fase gaseosa). Y los grupos laterales de $-\text{CH}_3$ generalmente siguen un patrón regular como se muestra en la figura donde las moléculas del

polímero son lineales de principio a fin.



Cercanamente paralelas y envueltas juntas en una estructura cristalina con un alto grado de regularidad. Sin embargo, si un gran número de moléculas, no logran conformar este arreglo regular, el polímero resultaría suave y pegajoso y en este caso solo sería usado como un adhesivo.

La copolimerización con el 1 al 5% de etileno produce un polímero con un amplio rango de solubilidad, frecuentemente usado con una capa para sellado térmico en estructuras multicapas.

Propiedades: Con una densidad de 0.9g/cc el PP es la resina "mas ligera de todas" usada para empaques. Cuando la película PP esta orientada es mas clara que el LDPE y HDPE, mas rígido y resistente que el LDPE, tiene menor permeabilidad a la humedad y a los gases pero con sus altos puntos de solubilidad logra situarse en un buen lugar en aplicaciones de empaque a temperaturas elevadas. Esta combinación de propiedades incluyendo una rigidez, asemeja al celofán tratado pero con la ventaja de un menor costo.

Del mismo modo que el celofán, este puede ser bañado con polímeros de alta barrera a los gases tales como el PVDC para empacar productos sensibles al oxígeno. En contraste las

películas PP no orientadas son usadas en algunas aplicaciones de empaque pero raramente para empaques de alimentos.

Diferente al LDPE pero semejante al HDPE, el PP es bastante rígido para ser usado en contenedores rígidos donde su claridad es superior al del HDPE, pero la facilidad de convertir a la resina HDPE en un contenedor ya sea por inyección-soplo o por moldeado-soplo hace que esta última domine en estas aplicaciones.

El rango de las características atractivas del PP en envases flexibles y rígidos les ha conseguido un rápido crecimiento y alto consumo.

Cabe subrayar que el principal factor con que cuenta el PP en empaques claros de plástico es la temperatura, aunque esta no es lo suficientemente fuerte para resistir la deformación a temperaturas de esterilización o la de un horno radiante.

A menos que esté copolimerizado con etileno y a temperaturas bajas resulta ser quebradizo. No obstante es usado en botes populares, de barrera y exprimibles (semejantes a los utilizados para catsup) que son comúnmente refrigerados después de abrir.

Procesos: El termoformado, moldeado por soplo, por inyección y extrusión pueden ser usados para el PP.

FDA: Algunos tipos de polipropileno están autorizados, en el registro 121.2501 encontramos las especificaciones y requerimientos para su uso.

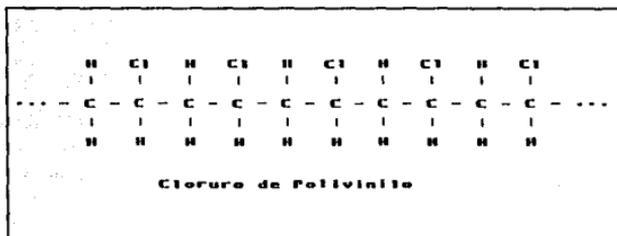
2.3.4 Cloruro de polivinilo (PVC).

El cloruro de polivinilo conocido también como vinilo, fue introducido comercialmente a finales de 1920.

Química: La molécula de vinilo está caracterizada por un doble enlace entre dos átomos de carbono ($\text{CH}_2=\text{CH}-$) y cuando es combinada con cloruro tenemos el cloruro de vinilo ($\text{CH}_2=\text{CHCl}$). Esto se logra pasando acetileno gaseoso a través de ácido hidroclorehídrico.



Su polimerización de radical libre ocurre a baja presión y a temperaturas entre 100 y 160°F. Ya que el monómero cloruro de vinilo, del mismo modo que el etileno y el propileno, conserva su doble enlace entre dos átomos de carbono, que puede ser roto y permite la polimerización de principio a fin para formar el polímero.



Una variedad de procesos de polimerización pueden ser usados para producir polímeros a la medida para aplicaciones específicas. Todas estas acciones hacen al PVC un material versátil que puede ser formulado para encontrar los requerimientos de muchas aplicaciones en empaques así como en otros mercados. Una tercera parte del volumen consumido para empaques de alimentos es usado para carne roja fresca.

Propiedades: Diferente del PE y PP, es un material débil y requiere la adición de grandes cantidades de otros compuestos químicos llamados plastificantes haciendo a este útil como película de empaque. Las películas y hojas para empaque de PVC "plastificado" son duras,

claro-chispeante, suministran una barrera moderada al oxígeno y a la humedad; parecido al LDPE y aquí sí al PP, puede ser procesado para reducir películas con buenas propiedades para encogerse.

Sin embargo el PVC tiene varias desventajas desde el punto de vista de los empaques de alimentos que son únicos en este material.

- Puesto que este contiene alrededor del 50% de cloro en peso, tiene una densidad (aprox. 1.4 g/cc) que es mayor a la del PE y PP. Lo que significa que el empaque debe lograr más puntos para cubrir las mismas áreas. Sin embargo este resulta competitivo puesto que el alto contenido de cloruro hace a esta resina de empaque menos cara.
- Los plastificantes gradualmente se evaporan sobre largos períodos de tiempo. Esto conduce a un gradual debilitamiento en la película.
- El monómero cloruro de vinilo usado para hacer PVC, es carcinógeno animal y esta es una evidencia epidemiológica recogida en plantas manufactureras de PVC, esto causa angiosarcoma, una rara forma de cáncer en el hígado en humanos. Por lo que el PVC debe ser manufacturado en equipo especialmente diseñado para remover trazas de monómero por debajo de 1 ppm del monómero terminado. Aunque estos niveles de monómero de PVC residual son bastante seguros, todo esto proyecta una sombra sobre el PVC que nunca ha sido suficientemente despejada. Particularmente en Europa, algunos países como Suiza, tienen virtualmente prohibido su uso en contacto con alimentos.

Al quemarse los plásticos, el PVC y el PVDC que son plásticos que contienen cloro, son altamente relacionados al Dioxin, una molécula compleja, clorada y tóxica y aunque esto no está comprobado es otra sombra que cae sobre el PVC, sobre todo en Europa donde la incineración de desechos sólidos se realiza en equipos viejos.

Con todas estas desventajas el PVC no se ve afectado significativamente como resina para empaques. Es aun ampliamente usada para hacer frascos de plástico claros y un alto volumen para empaques de carne roja fresca como ya se mencionó. Se puede decir que su amplio uso se debe en parte a su temprana introducción, a la escena de los envases plásticos. Sin embargo probablemente pronto será sustituido en algunas aplicaciones para empaques de alimentos por películas de menor costo que igualen sus características funcionales.

Procesos: Es moldeado por sople para botellas, las películas son hechas por extrusión y pueden ser orientadas mejorando sus características, moldeado por inyección para PVC rígido. El material en hojas puede ser termoformado. Algunas veces un olor desagradable proviene de la oxidación de los plastificantes; si el PVC usado en espacios confinados o con productos alimenticios, estos deberán ser probados por una semana o mas bajo extremas condiciones de clima.

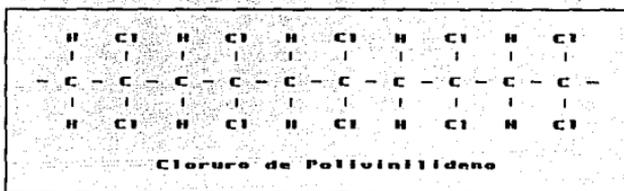
FDA: El uso del PVC para alimentos y medicamentos depende del tipo de aditivo usado, ya que algunos de los mejores plastificantes son tóxicos para su uso como empaque para alimentos y no son aceptados. Una selección cuidadosa es indispensable para su uso en empaques de alimentos.

2.3.5. Cloruro de Polivinilideno (PVDC) (SARAN)

Química: Es hecho por copolímeros del cloruro de vinilideno con otros comonómeros como el

cloruro de vinilo. Aunque el producto es universalmente conocido como PVDC o SARAN, no es un nombre apropiado, ya que en aplicaciones de empaque siempre es usado en forma de copolímero.





Propiedades: Este material encuentra amplio uso en empaques porque cuenta con dos muy importantes características:

- Las películas de copolímeros PVDC/PVC son claras, suaves, firmes, materiales de alta barrera con excelentes características de adhesión.
- Los copolímeros PVDC/MMA o PVDC/AN tratados pueden ser realmente aplicados a plásticos ó sustratos de papel, estando disueltos en solventes o dispersados como emulsiones. Estos tienen la mas baja permeabilidad al oxígeno a altos niveles de humedad de cualquier polímero que sea suficientemente bajo en costo para ser usado en grandes volúmenes de empaque de alimentos. Solo el alcohol vinilileno (EVOH) puede competir con el PVDC para alta barrera de oxígeno, pero esta es pobre a humedad alta.

El PVDC tratado tiene también buenas propiedades de sellado térmico. Y es por sus buenas propiedades que son utilizadas para bañar a resinas plásticas tal como el PET y el OPP (Polipropileno biorentado) para realzar sus propiedades de barrera al oxígeno y mejorar su sellado térmico.

Así como sus buenas propiedades de adhesión y barrera permiten a las películas de copolímeros PVDC/PVC ser usados en cocinas para envolver parcialmente alimentos para refrigeración o consumirlo en ese momento.

El crecimiento de popularidad de coextrusión incitó el desarrollo de copolímeros de PVDC/VC y PVDC/MA que tuvieron un amplio rango de solubilidad y mejor resistencia a la degradación térmica y que pudieron por lo tanto ser disueltas y coextruídas para suministrar una barrera de oxígeno en una estructura multicapas coextruída. Hoy, particularmente en Europa muchas de las películas multicapas plásticas de barrera y contenedores tienen una capa delgada de PVDC y el volumen de grados extrudables producidos para este propósito es aproximadamente igual al de los grados bañados. El PVDC es raramente encontrado como una mono-película en empaques de alimento. Una razón para esto es su muy alta densidad (1.7 g/cc) lo que podría hacer a este muy caro. Sin embargo como este es un producto de consumo altamente conveniente, la aplicación en envolturas para refrigeración no padece de estas restricciones económicas, ni hace que esta requiera una película rígida para ser aceptable por si mismo, como ejemplo tenemos a las bolsas de papas fritas.

Procesos: Las películas Saran son difíciles de imprimir y/o embobinar por su suavidad y tamaño, pero equipos especiales se han estado desarrollando para facilitar la tarea. Procesos flexográficos (Drum-type) por ejemplo han sido usados para la impresión de este material. Las películas de Saran pueden ser almacenadas en lugares fríos, pero a temperaturas arriba de 75°F causará deformación sobre un período de tiempo y causará distorsión en los rollos y difícilmente serán maniobrables las películas en las máquinas.

FDA: Muchos tipos de películas Saran son apropiadas para empaques de productos alimenticios y son grandes las cantidades usadas para carne, queso, pescado, frutas y productos frescos. Películas de diversos grados alimenticios han estado disponibles desde 1946.

2.3.6 Etilen-Vinil Alcohol (EVOH)

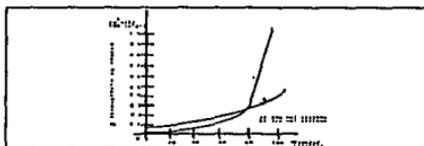
Por la combinación de procesos de polímeros de etileno con las propiedades de barrera obtenidos de polímeros de vinil-alcohol, los copolímeros de etileno-vinil-alcohol ofrecen no solo excelente facilidad para sus procesos, sino también barreras superiores a gases, olores, fragancias, solventes, etc. Son estas características las que han permitido a los contenedores plásticos que cuentan con capas de barrera EVOH sustituir muchos contenedores para empaquetar alimentos.

Química: Las resinas EVOH son copolímeros hidrolizados de acetato de vinilo y etileno (EVA). Haciendo reaccionar el polímero con metanol en una catálisis lo convertimos en EVOH.

La base vinil - alcohol tiene excepcional barrera a los gases pero es soluble en agua y esta dificulta su proceso. Por copolimerización del etileno con vinil-alcohol las propiedades de alta barrera a gases es mantenida y una significativa mejora es lograda con la resistencia a la humedad.

Propiedades: Los copolímeros EVOH son altamente cristalinos, manufacturados primero en Japón en los años 70's, el EVOH ha encontrado un incremento en su aplicación como una capa de barrera al oxígeno en contenedores y películas de plástico, multicapas y extrudidos. Su permeabilidad al oxígeno es mayor que la del PVC a baja humedad pero declina repentinamente a muy altas humedades como se muestra a continuación:

La relación entre barrera de oxígeno y humedad relativa para el EVOH.



También sus propiedades de barrera dependen de la concentración relativa de los comonómeros. Y nos encontramos que cuando el contenido del etileno se incrementa, y la propiedad de barrera a gases disminuye, la barrera a la humedad mejora y los procesos de la resina se hacen más fácilmente. El efecto del contenido del comonómero de etileno en las propiedades de barrera lo podemos encontrar en la siguiente tabla:

Etileno %mol	Gases ^a		Humedad ^b
	O ₂	CO ₂	
27	0.01	0.04	6.8
32	0.02	0.05	3.8
38	0.03	0.10	2.1
44	0.07	0.20	1.4
48	0.11	0.32	1.4

El EVOH está sin embargo comenzando a competir efectivamente con el PVDC como una capa de barrera, por diferentes razones:

- 1) Aunque el PVDC puede ser extruído al estar fundido, los rangos de temperatura al trabajar son limitados, comparados con los muy amplios rangos de temperatura al trabajar el EVOH. Esto lo hace considerablemente menos difícil de manejar en equipos de extrusión que no tienen control preciso de temperatura.

- 2) Con una densidad de 1.2 mas baja que el PVDC, el área de protección por libra del EVOH es mucho mas grande.
- 3) El PVDC es vulnerable a algunos problemas de desecho ambientales como el PVC, mientras que el EVOH libre de cloro no los tiene.
- 4) El EVOH puede ser ocultado dentro de una estructura multicapas que puede ser diseñada para mantener la humedad lo suficiente abajo de la capa de EVOH, así sus propiedades de barrera no son afectadas.

Aunque las resinas de EVOH tienen una atractiva mezcla de propiedades para aplicaciones como empaques (alta resistencia, buena claridad y elasticidad, excelente barrera al olor y fácil procesabilidad de disolución), estos son caros para competir ampliamente con resinas menos costosas e igualmente funcionales tales como el OPP. Sin embargo si una variedad de EVOH aparece con sus propiedades de barrera insensible a la humedad, esta tomará una pronta ventaja calculada de 1-3 sobre otros materiales.

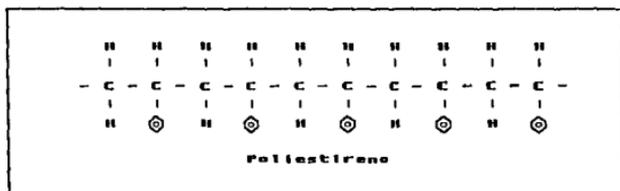
2.3.7 Poliestireno (PS)

Del mismo modo que el PVC, el Poliestireno aparece como un artículo de comercio después de la Segunda Guerra Mundial. Una cantidad considerable de esta resina se destina para platos y vasos desechables, así como en película y contenedores para empaque.

Química: El Poliestireno está hecho en gran parte del peróxido catalizado en la polimerización de una suspensión de estireno; vía del doble enlace del grupo etileno, atacando el anillo de Benceno.



La polimerización tiene lugar a bajas presiones y rangos de temperatura entre 250 a 400°F. Por variación de catálisis y condiciones de polimerización, es posible hacer polímeros de cadenas cortas o largas, con pesos moleculares entre 40,000 y 220,000. Lo que determina con que característica se va a procesar la resina, para escoger el peso molecular adecuado es el proceso para lo que se destina la resina; para extrusión (pelfcula) o en inyección moldeando artículos rígidos.



Propiedades: El Poliestireno es un material amorfo, cristalino claro, duro, flojo y de baja resistencia con un punto de fusión relativamente bajo (190°F) y pobre resistencia al impacto.

El PS tiene propiedades pobres de barrera a la humedad y gases. La copolimerización con goma mejora su poder al impacto y esta es conocida como HIPS (Poliestireno de alto impacto), siendo de baja claridad pero versión de alto impacto. Cuando es coextruído con otros polímeros, el HIPS puede suministrar adecuada dureza a bajo costo.

Por otro lado la excelente claridad de los pelfculas PS es muy aprovechable para formar ventanas en cajas de cartón que muestran su contenido. Los empaques que guardan artículos cocidos (horneados) frecuentemente usan pelfculas orientadas PS, ya que no es requerido una

barrera de gases para esta aplicación.

Semejante a muchos otros termoplásticos, el PS puede ser espumoso por adición de agentes espumantes, como es el hexano cuando se agrega en la mezcla de reacción durante el paso de la polimerización de la suspensión. En su forma espumosa, se nombra poliestireno expandido" (EPS), aunque es de muy baja densidad es un material rígido, fijo, que es ampliamente usado para cartones de huevo y charolas para carne, aves de corral y otros productos. En esta aplicación es muy difícil de superar por su inusual alta dureza que habilita la producción para hacer artículos suficientemente rígidos de este material, apoyado por su baja densidad y bajo costo. La única desventaja desde su punto de vista de empaque de alimento es su total carencia de barrera a los gases, requiriendo empaques que sobreenvuelvan con peléculas que sí tengan una barrera a los gases cuando esta característica sea requerida.

Con esta idea se desarrollan nuevas aplicaciones a través del uso de hojas coextruídas donde se incorporan resinas de barreras de gases tales como EVOH y PVDC; produciendo estructuras que encontraron su uso como contenedores termoformados rígidos o frascos moldeados por soplo para empaclar alimentos que encontraremos en los anaqueles en un futuro cercano.

Procesos: Termoformado, moldeado por inyección y moldeado por soplo.

2.3.8 Poliester.

El poliester es un polímero de hidrocarburos alifáticos insaturados que pueden unirse a través del rompimiento de su doble enlace por un peróxido iniciador de la catálisis para formar un radical libre.

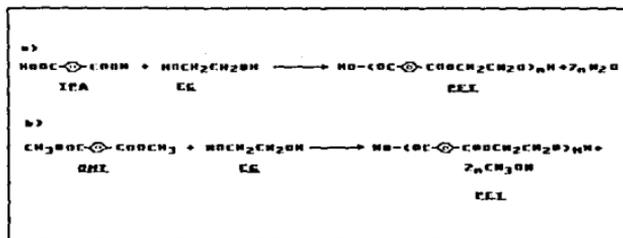
El poliéster suele acompañarse por el término "alkyd" cuando las cantidades de monómero usadas son pocas y cuando la cantidad de este es la mayoría el término "compuestos moldeados de poliéster" es aplicado.

Además el poliéster pertenece a la clase de polímeros condensados, que son formados por la eliminación de una pequeña molécula generalmente de agua, dejando sitios ligables que habilitan a los reactivos para que se unan en largas cadenas. El poliéster mas importante en empaques plásticos es el: polietilén terftalato.

2.3.8.1 Polietilén terftalato (PET)

EL PET es muy útil y la versatilidad de este poliéster termoplástico le ha dado un amplio rango de aplicaciones en diversas áreas, podemos identificar una variedad de botellas para el área de alimentos casi ilimitada.

Química: Producido por una polimerización fundida de catálisis a baja presión del Etilén Glicol (EG) con el Dimetil terftalato (DMT) o del ácido Tereftalático (TPA).



Es importante notar que todos estos monómeros tienen dos grupos reactivos: el -OH del

glicol, $-\text{COOH}$ en el TPA y COOCH_3 en el DMT, que es esencial para la formación de una cadena grande, pues depende de que el H_2O o el CH_3OH , sean divididos y sacados fuera de las terminaciones de las moléculas reaccionantes.

Cabe hacer notar que el grado de PET requerido para botellas de bebida no alcohólica, se logra aumentando el peso molecular de la película. Esto se logra con resinas clasificadas como película, calentadas separadamente en un reactor.

Propiedades: La claridad y propiedad mecánicas del PET mejoran notablemente cuando éste está orientado biaxialmente. Esto se puede hacer al estirar la película moldeada por calentamiento simultáneamente en ambas direcciones. (Longitudinal y transversalmente). Es conocido este proceso como "tenter frame". Aunque para este propósito en película tubular podemos usar el "proceso burbuja" equipado con características de orientación biaxial.

Puesto que el PET sin orientar, con sus propiedades inferiores, muestra más dificultad su aplicación en empaques, el término genérico PET es normalmente aceptado para distinguir la versión orientada.

EL PET es una importante resina de empaques para alimentos. En suma las hojas y películas de PET (orientadas) son muy claras, tiene excelente dureza y resistencia y poseen propiedades de barrera para oxígeno (O_2) y dióxido de carbono (CO_2) mejor que cualquiera de las poliolefinas comunes.

Las películas de PET (orientadas) no pueden sellar térmicamente con facilidad sin un revestimiento generalmente de PVDC que además mejora sus propiedades de barrera a la humedad y al oxígeno. Otros revestimientos son usados como el LDPE donde el sellado térmico que es a temperatura bajas es mas importante que mejorar las propiedades de barrera.

Puesto que la excelente dureza y claridad del PET se desarrollan cuando se tienen

condiciones de orientación, las botellas para bebidas no alcohólicas de PET, pueden ser orientadas durante su manufactura. Sin embargo los fabricantes de botellas no equipadas para orientar sus productos, promueven envases de PVC o HDPE para muchos productos donde la barrera de CO₂ no es buscada.

Encontramos que el copolímero del PET con un 6% de Dimetanol Ciclohexano llamado PETG es duro pero no es claro cuando no está orientado. Y a pesar de su costo superior, es usado en aplicaciones termoformadas.

Una rápida cristalización del PET es conocida como CPET, es comúnmente usada para comida precocida que puede sobrevivir a radiaciones de temperaturas del horno sin deformación.

Una versión amorfa del PET, llamada APET es hecha incrementando el peso molecular mas allá del normal utilizado en el PET para botellas. Este polímero es usado para hacer hojas duras y claras que puedan ser termoformadas a 150-220°F, y logran mantenerse sus buenas propiedades de barrera.

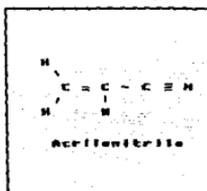
Las dos principales aplicaciones de la resina PET (orientado) como hemos hecho notar son para botellas de bebidas resistentes a estrellarse y astillarse, con muy buena barrera a la transmisión de gas y agua, con una tercera parte del peso de las botellas tradicionales (de vidrios) y para utensilios primarios donde los alimentos pueden ser calentados en un horno de microondas o en un horno convencional.

FDA: Este material está regulado por la FDA por estar en contacto con alimentos.

2.3.9 Poliacrilonitrilo (PAN)

El uso de este polímero en empaques de alimentos ya es raro.

Química: Este polímero es hecho por polimerización de un radical libre vía del doble enlace del Acrilonitrilo (AN).



Propiedades: Cuando está orientado tiene tan buenas propiedades de barrera a los gases como el mismo PET, fue muy usado para botellas de bebidas no alcohólicas carbonatadas.

Sin embargo a mediados de los 70's, el desarrollo de estos contenedores hechos de esta resina se detuvieron cuando de las investigaciones emergió una evidencia indicando que el monómero de acrílonitrilo es un cancerígeno humano.

FDA: Una cuidadosa supervisión se lleva a cabo en la industria de los empaques de alimentos sobre este respecto.

2.3.10 Policarbonato.

Fue descubierto a principios de los 50's por el Dr. Daniel W. Fox, trabajando para General Electric Company. Por el mismo tiempo la Farbenfabriken Bayer AG de Alemania también produjo pequeñas cantidades de este material.

Su alto precio ha frenado su mayor alcance en el mercado de empaques, pero donde se requieren empaques muy duros y de alta resistencia a la temperatura de suavizado (270°F),

funciona muy bien. Este puede ser clasificado con películas de nylon en costo y en muchas de sus propiedades. La dureza de la película del policarbonato sugiere su uso para equipos y objetos de forma similar, y su alta resistencia lo hace útil en procesos de esterilización. Este tiene todos los calificativos para empacar alimentos siendo menos olorosos y no decolorados. Sin embargo la resistencia a los álcalis es pobre y la permeabilidad a los gases y humedad es alta. El policarbonato es manufacturado reaccionando Bisfemol A con Fosgeno.

Propiedades: El policarbonato tiene excelente claridad con un escaso tono amarillento. Es excepcionalmente duro y tiene buena flexibilidad y buena estabilidad dimensional. Su resistencia al calor es alta, siendo funcional para esterilización. Para alimentos "boil-in-bag", podría ser notada que la propiedad de alargamiento de gotas casi a la mitad en agua hirviendo, aunque la fuerza de tensión no es afectada y es satisfactoria para el propósito.

La fuerza de tensión no es afectada significativamente por cambios en temperatura. El encogimiento del molde es muy pequeño. La resistencia al impacto es casi 5 veces mucho mayor que para muchos otros plásticos, su rango de temperatura se extiende por encima de muchos otros polímeros (270°F) y su desarrollo sub-cero también es superior a los otros.

La acumulación de humedad podría afectar las dimensiones sobre 1/10 por ciento del incremento de humedad de 1/2 por ciento. El policarbonato tiene buena resistencia al agua, ácidos orgánicos e inorgánicos, soluciones de sales ácidas y neutras, alcoholes, éteres, hidrocarburos alifáticos, agentes oxidantes como lejía y aceites estables. Estos son atacados por soluciones de álcalis y sales alcalinas y aminoras incluyendo amoníaco.

Pobre resistencia a hidrocarburos clorados, cetonas, ésteres, hidrocarburos aromáticos como el benceno, tolueno y xileno. El policarbonato tiene una pobre barrera a la humedad y a los gases.

Procesos: Moldeados o extruñdos, la resina de policarbonato puede ser absolutamente seca. Por otro lado líneas plateadas, extensiones, rastros de pollo o burbujas de aire pueden dañar la apariencia del empaque terminado. Aún cuando esta seco al principio, si no es protegido, de la atmósfera (ambiente), en un alcance de 10 min. este podría recoger (acumular) bastante humedad para afectar la producción. No solo la apariencia se vería afectada pues el material no tendría la dureza que debería tener, resultando quebradizo bajo impacto.

Las películas son hechas probando solventes o por extrusión, los fabricantes dando mejores propiedades ópticas pero a un costo mas alto. El policarbonato puede ser calentado rápidamente con pequeño riesgo de deformación térmica. Para termoformado las hojas podrían ser secadas a 270°F por dos horas. El "formado en frío" en policarbonato es posible y el doblado, acuñado (marcado, impreso), encabezamiento (título) frío, alargamiento, acuñado y enrollado han sido dados sucesivamente sin calor. El enrollado en frío puede ser llevado a cabo con pasos sucesivos de un 10%, hasta un total de una reducción del 50%.

Un pegamento de policarbonato puede ser dado con cloruro de metileno o con adhesivos especiales hechos para este propósito. Una solución del 5% de policarbonato en cloruro de metileno puede ser usado, pero una alta concentración podría resultar en burbujas en la unión. EL sellado térmico del policarbonato requiere temperaturas entre 410 °F.

Aprobación por FDA: La aprobación de ciertas resinas de policarbonato fue publicada en el Registro Federal el 22 de mayo de 1963, pág.5083. Las películas transparentes son generalmente hechas de resinas aprobadas y si ellos encuentran los requerimientos puestos adelante por encima de la regulación, ellos pueden ser usados en contacto con carne, leche y productos lácteos y otros alimentos sin la revisión de la FDA.

2.4 PROCESOS DE TRANSFORMACION DE LOS PLASTICOS.

Proceso de transformación de los plásticos.

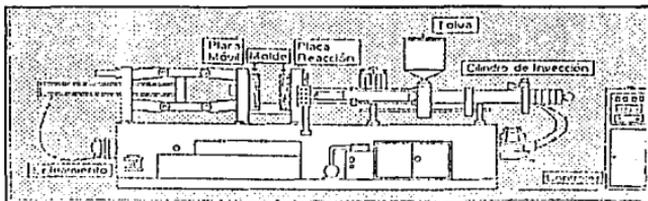
- Inyección.
- Extrusión.
- Termoformado.
- Extrusión-soplo.
- Inyección-soplo.
- Espumado.
- Compresión.

El punto de partida de los plásticos para cada uno de estos procesos son los pequeños granos de plástico que llamamos "pelets", pero el producto final puede ser tan variado, que va desde una película simple para cubrir hasta un aparato telefónico, se puede obtener la forma mas caprichosa, del color requerido y con las características del plástico a escoger. Todo esto se puede lograr y será el producto final el que determine el proceso a usar.

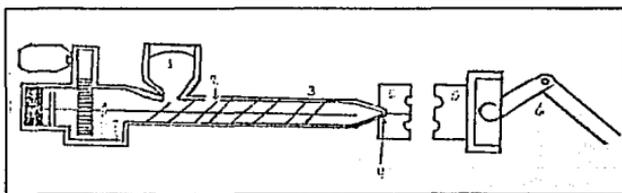
2.4.1 Proceso de Inyección.

El proceso mas usado, para crear piezas plásticas sólidas y tan caprichosas como se quiera, pues la forma final del plástico será igual a la del molde empleado y podemos encontrar formas hechas por medio de este proceso tales como las tapas, cucharas, vasos, bolígrafos, encendedores, chasis de televisores, radios, aparatos telefónicos, lámparas, cubetas, mangos de cepillo, peines, automotivos, etc.

La maquinaria consiste en un equipo conocido como "máquina de inyección"



Su operación no es complicada. Como podemos ver en la figura que se muestra a continuación:



1.- Tolva

2.- Tornillo sin fin.

3.- Resistencias

4.- Punto de inyección

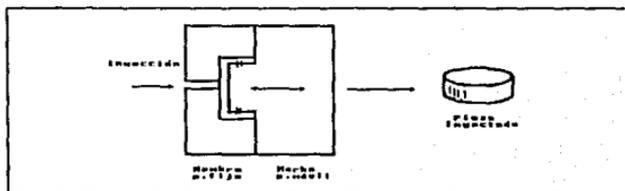
5.- Molde

6.- Prensa

- 1) Una tolva de alimentación de pellets, donde estos son fundidos por medio de resistencias. Si es necesario los plásticos son sometidos a un proceso de desecado para enviar productos deficientes por alta humedad (higroscópicos).

- 2) Cuando se ha fundido el plástico, un tornillo sin fin lo lleva hasta el molde a través de una pequeña punta, conocido como punto de inyección, donde por presión llena el molde.
- 3) Es aquí donde el plástico toma la forma definitiva, cuando se ha llenado el molde.
- 4) Cuando está completamente formada la pieza, es enfriado con agua fría y al abrirse el molde, la pieza ya está completamente fría.

El molde está formado por una parte fija y otra móvil por medio de una prensa. La presión utilizada alcanza decenas de toneladas de fuerza la cual abre y cierra cíclicamente cada vez que una pieza está lista.



Se tienen dos tipos de molde:

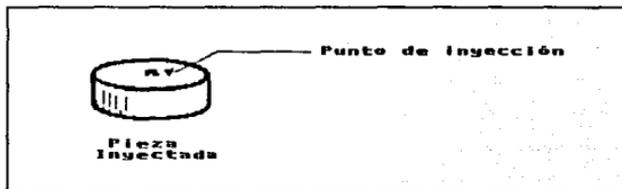
a) Colado frío

- La colada es arrojada junto con las piezas inyectadas.
- Construcción sencilla.
- Económicas

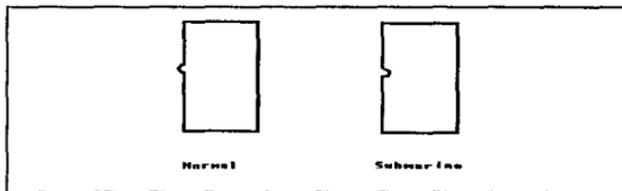
b) Colado caliente

- Las piezas caen solas.
- Construcción complicada.
- Mas productivas.
- Mas costosas.

También se les llama punto de inyección a un pequeño borde que sobresale de la superficie de la pieza, donde estuvieron unidas la pieza y la colada, que si se quiere se puede eliminar fácilmente con navaja o esmeril.



Cuando no se quiere que aparezca este borde también se puede usar una técnica como inyección con punto submarino.



Cuando se diseña un molde para una pieza de precisión, se debe considerar la contracción del plástico cuando este se enfría; existen ya tablas donde se puede conocer esta característica, aquí mencionamos algunos.

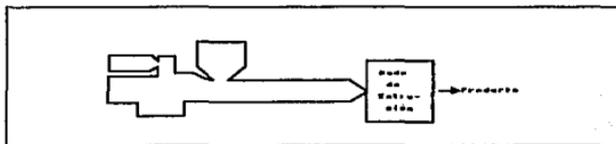
Poliétileno de baja densidad.	(%)
Poliétileno de alta densidad.	1.5 a 5.0
Polipropileno	1.5 a 4.0
Poliestireno	2.0 a 2.5
PET	0.4 a 0.7
PVC	2.0 a 2.5
	0.5 a 2.5

Si se quieren pigmentadas las piezas hay dos maneras de hacer esto:

- 1) Master Batch: pelets ya pigmentados.
- 2) Con pigmentos en polvo: Se mezclan previamente los pelets incoloros de plástico con pigmentos en polvo.

2.4.2 Proceso de Extrusión.

Es un proceso ampliamente usado y muy similar al de inyección, solo que aquí el material fundido no pasa por un molde, sino a través de un dado de extrusión.



El dado de extrusión puede tener diferentes formas, con los que se pueden crear:

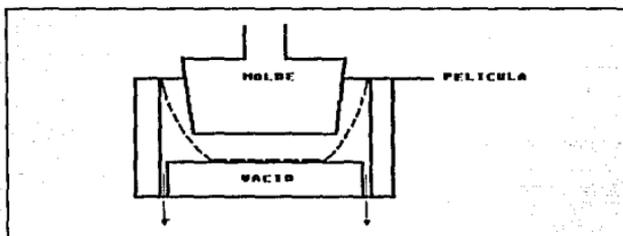
- películas sencillas
- películas coextruídas
- hilos plásticos
- tubos plásticos.

Y de estas formas, son las películas sencillas o coextruídas las que más se ocupan en empaques de alimentos.

2.4.3 Proceso de Termoformado.

Productos como platos y vasos desechables y empaques primarios emplean este proceso, que consiste en hojas plásticas calentadas y formadas. Originado en 1936 en Francia, usado ampliamente durante la Segunda Guerra Mundial para empaquetar carnes, sin embargo su uso se generalizó hasta los 50's y hoy en día su uso es muy extenso, y esto es en parte por lo funcional de los empaques hechos de este modo y por que es un proceso económico ya que existen equipos sencillos y moldes fáciles de elaborar.

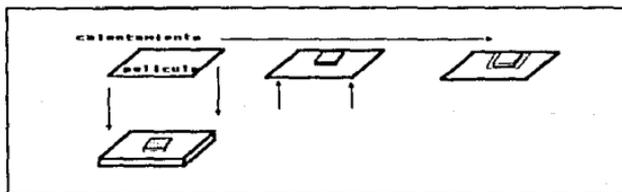
Un ejemplo de la aplicación de este proceso en alimentos son los vasos de yogurt, que posteriormente son cerrados aplicando un foil de aluminio sellado con calor al envase. Pudiendo utilizar hojas simples o laminaciones de varias películas para mejorar la barrera a los gases y logrando una vida útil del alimento más alta.



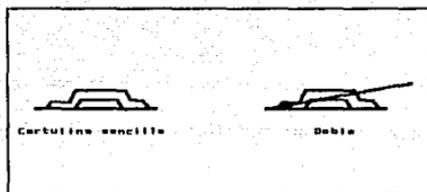
Podemos encontrar 2 tipos de empaque características de este proceso en los supermercados con mucha facilidad:

2.4.3.1 "Blister Pack"

Empaque muy útil para productos relativamente pequeños, principalmente fármacos. Donde la película plástica se coloca en una cartulina y se le da el perfil del producto.



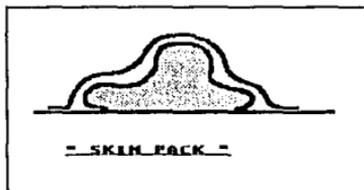
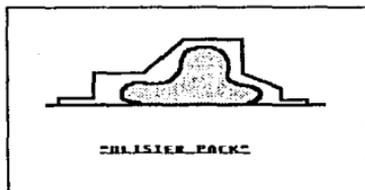
Se puede colocar el Blister en una cartulina sencilla o doble.



Estos empaques pueden usar también foil de aluminio en lugar de cartoncillo quien brinda una buena barrera a los gases.

2.4.3.2 "Skin Pack"

Un proceso similar al "Blister Pack" solo que aquí la película se forma con el producto mismo, quedando la película pegada al producto como una piel, es por esta razón que lleva el nombre de "skin".



Entre los materiales usados, los principales parámetros a medir son:

- Costo
- Transparencia

·Resistencia

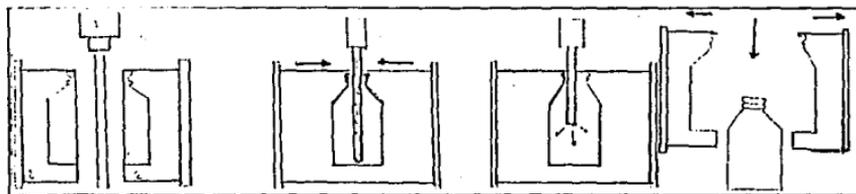
Por supuesto dependiendo de las características del producto a empaacar.

En este proceso la impresión se hace sobre la cartulina o sobre el foil de aluminio.

2.4.4 Proceso de extrusión-soplo.

La historia de la técnica de moldear artículos soplándoles comienza con los antiguos egipcios quienes ya moldeaban artículos de ámbar con esta técnica; fue durante la I Guerra Mundial cuando mas formalmente se hizo uso de esta técnica con material celulósico. Sin embargo su punto clave llegó en 1937 cuando se combina con la técnica de extrusión y conjuntamente con la introducción del polietileno, ambos fueron ampliamente usados durante la II Guerra Mundial. Actualmente con este procesos se fabrican la mayoría de las botellas plásticas que encontramos en el mercado.

Este proceso consiste en obtener una sección tubular plástica por extrusión que recibe el nombre de Párison, la que es puesta en un molde (con las características finales del envase) y formada por la fuerza del aire (soplo) suministrado cuando el Párison es calentado.



1.- Dado de extrudor

2.- Molde

3.- Párison

La botella así obtenida presenta rebabas en la corona y en el fondo, estas se eliminan con una navaja o bien ya existen moldes automáticos que eliminan esta rebaba, aunque la corona mantiene ciertas irregularidades. Otra limitante podría ser, que el envase no presenta perfiles con vértice, debido a que el plástico tiende a formar radios.

Los materiales plásticos más utilizados en este proceso son:

- Polietileno de baja densidad.
- Polietileno de alta densidad.
- Polipropileno.
- Policarbonato.
- PVC.

Las máquinas más comunes pueden controlar la salida del parison mediante un dispositivo conocido como "Control de espesor de pared" el cual proporciona más o menos cantidad de material según sea el caso.

Además de películas sencillas también podemos usar películas coextrudadas con lo que mejoramos las propiedades del envase, sobre todo muy usadas para mejorar la barrera a las grasas.

2.4.5 Proceso de inyección-soplo.

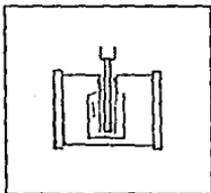
Este proceso de reciente formación combina el proceso de inyección con el soplado y resuelve muchas de las limitaciones del proceso de extrusión-soplo. Primeramente porque la corona del envase es formada en un molde de inyección, con lo que se eliminan las imperfecciones obtenidas por el otro método, teniendo una corona mucho mejor acabada cumpliendo para

envases herméticos.

La pieza obtenida hasta este punto se conoce como "Preforma", muy parecida a un tubo de ensayo, como se puede apreciar en la figura:



De aquí en adelante el proceso es similar al anterior que consiste en calentar la preforma hasta el punto de ablandamiento del plástico, donde entra en acción la etapa del soplado pero con una positiva variación; primero un pistón estira la preforma inyectada orientándola en una dirección.



Enseguida el soplado estira la película en dirección horizontal, obteniéndose así un envase biorientado, característica que como sabemos mejora las propiedades mecánicas y de barrera del

material y si a esto le agregamos material coextruído tendremos un envase altamente resistente a gases.

En resumen, las ventajas sobre el proceso de extrusión-soplo son:

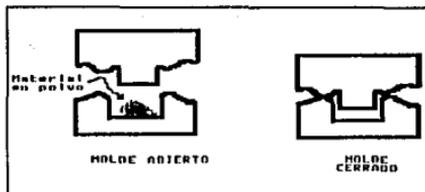
- Peso mas constante de las piezas.
- Dimensiones mas constantes.
- Espesor constante.
- No hay desperdicio de material.
- Ausencia de marcas en el cuello, estrechamiento y fondo.

Por supuesto estas ventajas aumentan el costo del proceso ya que se necesitan dos moldes, uno de inyección y otro de soplo, con lo que también se limita a que si queremos una pequeña variación en el envase necesitamos nuevos moldes.

2.4.6 Proceso de moldeado por compresión.

Desde 1907, mezclas de resinas de Fenol-Formaldeído con madera produjeron las primeras piezas de plástico orgánico.

Este método es usado hoy para piezas termofijas, donde los moldes son calentados hasta 300°F y a presiones superiores de 2000 psi en un período de un minuto o mas llamado "cura". El material usado es llamado "termofijo" diferentes de los compuestos termoplásticos, este material es usado en polvo.



El uso primario de estos enpaques es sobretodo para productos farmacéuticos y de cosméticos.

2.5 TIPOS DE ENVASES PLASTICOS.

2.5.1 Envases flexibles.

La función de los envases flexibles comenzó con la necesidad de imprimir el empaque. Los únicos materiales de empaque flexible disponible fueron el papel, glassine y celofán, hasta que los plásticos y foil de aluminio hicieron su aparición en el mercado, encontrando ahora convertidores expandidos de estructuras multicapas, principalmente para productos alimenticios. A principio de esta evolución, películas plásticas monocapas fueron producidas solo por fabricantes de resinas, pero con los recursos técnicos apropiados pronto se desarrollaron procesos de fabricación de películas mas complejas por diferentes fabricantes.

2.5.2 Envases rígidos.

No hay una línea fija que divida a los artículos entre Rígidos y flexibles. Generalmente

son contenedores específicos que las compañías de alimentos usan para sus productos.

Cabe mencionar que los convertidores de envases flexibles y rígidos consumen grandes cantidades de otros materiales no plásticos que van dentro de o sobre el empaque como: papel, foil, celofán, glassine, adhesivos y tintas.

Entre la maquinaria para su fabricación encontramos:

- Máquinas que convierten resinas para películas mono o multicapas, hojas y empaques rígidos.
- Máquinas que combinan resinas, películas, adhesivos y tintas para hacer estructuras multicapas impresas.
- Máquinas que combinan el alimento y el empaque para crear un artículo final empacado.

2.5.3 Cierres plásticos.

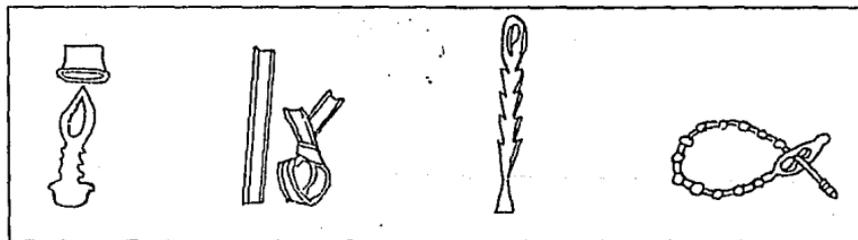
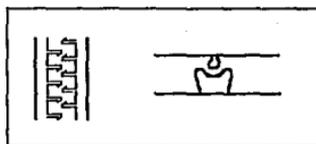
Los cierres pueden ser clasificados dentro de cuatro grandes categorías: Tapones, tapas, ajustables y sellos. El tapón más familiar es el viejo corcho, que fácilmente es reemplazada con un tapón de polietileno moldeado. Todos los cierres requieren maquinaria especial para fijar al empaque y la integridad sea mantenida hasta que el producto es usado.

Como se mencionó en la introducción, los cierres plásticos los dividimos de acuerdo en su función en:

- Cierres para bolsas.
- Cierres para vasos.
- Cierres para botellas y cuerpos huecos.
- De presión.
- De rosca.

2.5.3.1 Cierres para bolsas.

Son fabricados generalmente de polietileno de alta densidad o polipropileno, pueden ser parte de la bolsa o independientemente de esta. Para que se comprenda mejor un cierre integrado a la bolsa es extruído en forma de cremallera.



Tipos de cierre para bolsa.

2.5.3.2 Cierres para vasos

El tipo de cierre depende del producto envasado, según las características que deba cumplir la calidad del cierre; y tenemos:

- Aptitud para el cierre (Fácil -difícil).
- Posibilidad de apertura (Fácil - difícil).
- Cierre con garantía para la primera apertura (si - no).
- Posibilidad de nuevo cierre (si - no).
- Hermeticidad (Hermético - Transpirante).

Al diseñar los cierres se debe tener en cuenta la forma de la boca del vaso, ya que se encuentra una gran variedad, por ejemplo:

- Perfil con cordón superior, para tapas a presión.
- Perfil plano, para tapas selladas.
- Perfil con cordón y resalte, para tapas a presión.
- Perfil plano con resorte, para tapas selladas.
- Perfil con ángulo agudo con resalte, para tapas a presión.
- Perfil con ángulo plano y resalte, para tapas a presión.
- Perfil con acanaladura, para tapas a presión en cartón.

2.5.3.3 Cierres para botellas y cuerpos huecos

La mayoría de las tapas de estos recipientes los podemos concentrar en 2 divisiones:

Tapas de presión:

- Tapas con retención.
- Tapones con lateral en forma de Oliva.
- Tapones de junta mediante laminillas.
- Cierres embutidos.
- Tapones de cierre con distanciadores.
- Tapas de varias piezas.
- Tapón de sidra.

Tapas de Rosca:

- De rosca redonda
- De rosca de cierra
- Con Liner
- Con plastisol
- De doble pared
- De cono inverso
- Con junta de labios
- Con dosificador.
- Con accionador para aerosoles
- Con anillo de Garantía
- Resistente a niños
- Con aplicador
- Inviolable de la membrana

Como algunas botellas plásticas no son tan rígidas como las botellas de vidrio, las técnicas para taparlas no son totalmente efectivas, ocasionando goteo o retención inadecuada, por lo tanto estos han sido modificaciones de tapones para botellas rígidas precoladas. Muchos

de estos ahora son moldeados de poliolefinas (una construcción típica es PP con un Liner de EVA).

Los tapones precolados son alimentados directamente al contenedor por un canal y son estos rotados dentro del contenedor por un dispositivo que es frecuentemente limitado por torque.

Fue a mediados de los 80's cuando tapas de polietileno y polipropileno fueron introducidas al mercado.

CIERRES	TIPO	MATERIAL	FORMA	OTROS ACCESORIOS
Presión Normal, Atmosférica.	Tapón de corcho	Corcho	Cilíndrica o tronco-cónica	Láminas de aluminio, de plásticos; alambres metálicos (plomo). Para lograr una mayor seguridad o para facilitar su apertura
	Tapón plástico	Poliétileno, polipropileno y poliestireno	Cilíndricos con diferentes terminados y superficies de contacto	
	Tapón de rosca	Hojalata, Aluminio, TFS Plásticos: PE, PP, Resinas, Melamina, - Urea, Formaldehído	Cilíndrica de filete completo en aluminio puede ser rúller proof Cilíndricas de filete completo resellables	Lámina protectora o liner, colocada en la tapa para aislarla del alimento. Pueden presentar un anillo de seguridad
Vacío	Tapa Pry - off	Hojalata o TFS	Cilíndricas sin filete	Recubiertas con laca. Presentan anillo de caucho natural o sintético como elemento tensor sellante.
	Tapa Twist - off		Cilíndrica con cierre de media vuelta resellable	Lámina o liner de PVC
	Tapa Press - Twist		Cilíndrica de filete continuo resellable	Recubierta con laca. El organosil o plastisol es aplicado en la zona lateral interna de la tapa para tomar la forma de filete.
Presión	Tapa Corona	Hojalata, TFS	Forma particular	Recubrimiento interno con lacas adecuadas y con liner de plásticos (anteriormente se utilizaba una lámina de corcho).
	Tapa de rosca	Hojalata o Aluminio	Cilíndrica resellable	Laca o liner interno. Las de aluminio presentan anillo de seguridad.
	Tapa de corcho	Corcho	Cilíndrica o tronco-cónica	Alambre metálico para lograr mayor seguridad y facilitar su apertura
	Tapas de plástico	Poliétileno, polipropileno y poliestireno	Cilíndricas con diferentes terminados y superficies de contacto	

2.5.3.4 Liners

Hasta el siglo XX, materiales como el fieltro, fibra, corcho o pulpa de madera fueron usadas como materiales de forro. Siendo paulatinamente desplazadas en los años 50's cuando hicieron su aparición las películas plásticas y con la ventaja que dio la introducción del sellado en la década de los 60's permitió al foil bañado ser usado.

Hoy el Liner es frecuentemente una estructura compleja consistente de:

- Un plástico o respaldo de pulpa de papel.
- Un adhesivo temporal como la cera que permite una fácil separación del respaldo desde el sello interior cuando el tapón es removido.
- Un sello interno de plástico o foil.
- Un sello térmico bañado en el sello interno para proveer un sello interno por el borde de la botella.

Los empaques tienen una amplia preferencia para usar plásticos como respaldos al PE, PVC, PVDC, PET y PP.

También es fácil encontrar combinaciones de plástico/papel, particularmente cuando la barrera absoluta a gases que el foil suministra no es esencial. Las estructuras coextruídas todas plásticas son otra alternativa para el Liner, desde coextrusiones que permitan la combinación de diferentes capas plásticas, las que pueden cumplir todas las funciones del Liner.

Aunque los sellos son frecuentemente bajo tapas que suministran protección adicional y más recientemente como un cierre Tamper-evident; éstos son frecuentemente usados como cierres solamente, por ejemplo para algunos productos lácteos.

Muchos sellos ahora usan un foil laminado con una capa impresa arriba o película plástica

y una capa ya sellada de plástico próxima al contenedor. Otros usan capas de película metalizada entre dos o más capas plásticas que suministran un sellado térmico y funciones para impresión. En algunos casos la capa de abajo es escogida para suministrar una superficie que enlace con un adhesivo que pueda ser usado para aplicar el sello al contenedor. Estos sellos son fijados al contenedor en la maquinaria del empaque generalmente en línea.

En resumen podemos decir que el liner de una tapa es el material que crea un sello entre la tapa y el envase. El liner principalmente se usa para compensar las tolerancias o pérdidas de precisión entre la superficie de contacto de la tapa y el envase, además de dar la protección necesaria y el grado de ajuste requerido para sellar el envase, todo esto quiere decir que la función principal del liner es lograr el sello de la tapa con el envase pero también podemos agregar entre sus funciones:

- Prevenir la pérdida de producto por fugas.
- Prevenir la pérdida de vapor o gas del producto.
- Prevenir que el producto pierda o gane humedad.
- Prevenir la rancidez de alimentos causada por oxidación.
- Preservar las condiciones de esterilidad de un empaque.
- Desahogar de presión excesiva de gas o vapor de agua.
- Mantener parcialmente el vacío.
- Prevenir pérdida de sabor o aroma.
- Hacer evidente la violación al empaque.
- Imprimir instrucciones.

Los puntos que se recomienda para seleccionar un liner son:

- Compatibilidad (resistencia química).
- Apariencia, calibre, etc.
- Permeabilidad a gases como :WVTR, O₂, CO₂, N₂
- Torque
- Resistencia al calor.
- Vida de anaquel
- Factor económico

2.5.3.5 Cierres inviolables

Otra modalidad de los cierres plásticos son los cierres inviolables que han tomado rápidamente gran importancia ya que garantizan la inviolabilidad de los empaques:

Estos cierres se dividen en:

- Bandas encogibles.
- Películas envolventes
- Tapas inviolables
- Sellos de garantía.

Son utilizados en envases que no brindan esta seguridad por tener cierres reutilizables y el consumidor no puede darse cuenta si el empaque ha sido violado.

2.5.3.5.1 Bandas encogibles.

Son el mecanismo de inviolabilidad mas popular y de mas fácil y rápida implantación. Generalmente son películas de PVC y pueden ser colocadas en la tapa del envase o cubrir a todo este, o puede envolver a mas de un envase y por poderse imprimir funciona incluso como etiqueta.

Estas bandas se colocan en la superficie del envase y se hacen pasar por un túnel de calentamiento por resistencias a temperaturas de 160 a 250°C, que encoge la banda, tomando esta la forma del envase donde se coloca. Para realizar esta función el envase debe contar con un anclaje para la banda, para fijarlo y para que no se corra sobre el envase a usar.

2.5.3.5.2 Películas envolventes.

Estas películas generalmente de PVC, polietileno de baja densidad y polipropileno son bolsas que envuelven al envase por completo, que son termoencogibles y por un procedimiento similar al anterior, ofreciendo una buena garantía de inviolabilidad.

2.5.3.5.3 Tapas Inviolables.

Nos referimos a aquellas tapas que cuentan con un dispositivo especial, generalmente del mismo material que la tapa, que se rompe al momento de abrir el envase por primera vez. Las encontramos de aluminio y de plástico, siendo estas últimas principalmente de polipropileno y polietileno de baja y alta densidad.

2.5.3.5.4 Sellos de Garantía

No son más que elementos de papel, foil, películas o laminaciones complejas que se pegan a la boca del envase, cubriendo completamente a ésta de modo que para vaciar el contenido del envase tienen que romperse, garantizando así la inviolabilidad del producto.

2.6 CARACTERÍSTICAS DE BARRERA.

Es una de las propiedades más importantes por los empaques, sobre todo en el área de alimentos, donde la transmisión de humedad, CO₂, O₂ puede ser en algunos casos favorable y en otros no.

Es por esto que es un factor que determina el plástico a utilizar en el diseño de nuestro empaque, se han hecho estudios sobre los diferentes materiales plásticos en relación a su comportamiento bajo este respecto. En la tabla de propiedades que se muestra a continuación podemos encontrar algunos de estos resultados, aquí brevemente mostraremos algunos datos importantes bajo determinadas características.

Tabla 1: Permeabilidad de oxígeno en materiales de empaque.

	Permeabilidad de Oxígeno (ml/100 sq.in/día/atm).
EVOH	0.01 - 0.10
copolímero PVDC saran de alta barrera	0.05 - 0.15
copolímero Acrilonitrilo Barex	0.5 - 1.00
película Acrilonitrilo PAN	0.002 - 0.03
Nylon 6	1.8 - 2.60
PET orientado	3.0 - 4.00
PVC	10.0 - 20.00
PETG	25.00
polietileno alta densidad	130.0 - 150.00
Polipropileno	150.00
Poliestireno	350.00

Tabla 2: Permeabilidad de humedad en materiales de empaque.

	Transmisión de vapor de agua (g-mil/100 sq.in/día a 100°F, 80% Hr)
PVDC saran de alta barrera	0.1 - 0.2
Polietileno de alta densidad	0.3 - 0.4
Polipropileno	0.3 - 0.5
PET	1.0 - 2.0
PVC	2.0 - 5.0
Acrilonitrilo Barex	3.5 - 5.0
EVOH	.40

Los datos encontrados en las tablas deben considerarse junto con el material a empaque, condiciones de almacén, vida de anaquel, condiciones de transporte para el desarrollo óptimo del empaque a utilizar.

2.7 INTERACCION ENTRE LOS ENVASES PLASTICOS Y LOS ALIMENTOS.

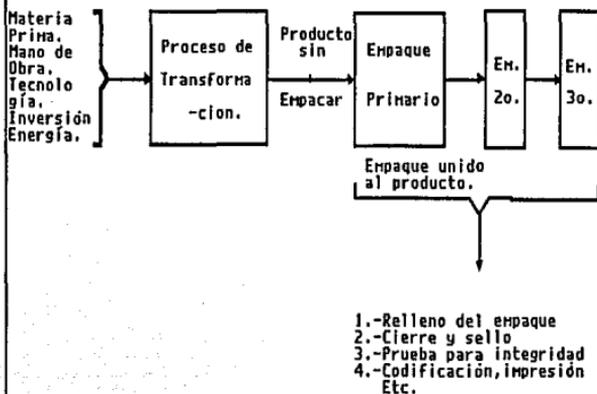
En la figura se muestra un diagrama sistemático de los procesos de alimentos y sistemas de empaque. Un producto en proceso es fácil de ser puesto en un empaque primario para procesos adicionales, como puede ser la esterilización o puestos directamente en empaques secundarios o terciarios para distribuirlos al consumidor.

En el empaque primario el producto es unido al empaque manualmente, semiautomática o automáticamente o por procesos de computación integrada. Estos continúan juntos a través de la línea de distribución, hasta que sean finalmente separados por quienes abren los empaques y remueven al producto de este.

Recientes desarrollos incluyen máquinas de empaque automáticas donde el control se lleva por computadora que suministran producción, calidad y velocidad. Los fabricantes de sistemas de cómputo integrales ya incluyen al empaque permitiendo la automatización completa y la integración de los procesos de transformación con los sistemas de empaque.

La misión básica del empaque es el entregar un producto de alta calidad hasta el último consumidor, pero además los empaques de alimentos deben cumplir un requisito adicional de sanidad que debe ser mantenido durante todo el proceso. Los materiales de empaque plástico y sistemas de maquinaria hacen una contribución esencial a esta misión suministrando envases de bajo costo con sellos altamente íntegros o cierres para una amplia variedad de artículos de empaque y tipos que puedan resistir los rigores de un sistema de distribución.

Control I: Calidad del producto



Control II: Calidad del producto / Utilización

Sistema de distribución



Consumidor

**Divorcio
entre empaque
y producto p/
su uso.**

CAPITULO 3

CONSIDERACIONES AMBIENTALES

Debido a su importancia dejamos a este tema un capítulo para su comentario.

El rápido crecimiento de los empaques plásticos para alimentos después de la Segunda Guerra Mundial a creado un inevitable incremento substancial en la cantidad de material de empaques plásticos usados, que son desechados de hogares, restaurantes y otras instituciones distribuidoras de alimento como son escuelas y hospitales alrededor del mundo. Por ejemplo en U.S.A. los desperdicios plásticos aumentan en un 7% en peso o 18% en volumen de 160 millones de toneladas anuales. Hoy, cerca del 80% de los desperdicios sólidos de las naciones van a los basureros. En contraste, Japón con su muy alta densidad poblacional, usan basureros para el 52% de sus desechos sólidos; el Este de Europa, alrededor del 60%. Estas cantidades son deduciendo la parte que fue reciclada. Muy pocos estados o municipios fueron los que visualizaron desde lejos y anticiparon este problema en tiempo para desarrollar alternativas.

Totalmente independiente del crecimiento de desechos sólidos, es un incremento en el disgusto público por la disposición desaseada de desperdicio por parte del consumidor a lo largo de calles y avenidas y el ambiente marino ha enfocado su atención en mejores maneras de control.

Uno de estos controles al que se le ha dado gran importancia es el reciclado de materiales, pero aun falta mucho por hacer. La actitud positiva hacia el reciclado comienza con la educación. El principio en estos días es tomar toda la ventaja del potencial existente del reciclado, solo con un control lógico y bien llevado pueden los desperdicios ser transformados en basureros e incineradores.

Si Universidades, colegios y otras instituciones de educación de los ramas plásticas han logrado poco a poco en las décadas anteriores proveer técnicas apropiadas sobre reciclado, es ahora cuando toca el turno a las industrias plásticas para mostrar una actitud mas positiva hacia estos requerimientos y ser capaces de solucionar los problemas mas fácilmente.

Por ejemplo en la industria mecánica hoy en día cualquier tipo de plástico usado puede convertirse en material reciclado y se usado en un producto de alto grado. Hay que lograr que el sistema de reciclado sea ventajoso y lucrativo bajo el aspecto económico para que alcance gran demanda. Unos cuantos ejemplos demuestran que es posible convertir desperdicios de plásticos en materiales valubles para reuso.

Esto comienza temprano al grado de recubrir almacenaje y embarque de desperdicios y continúa hasta todos los grados de regeneración.

Regenerado de películas, botellas y cierres.

Dos empresas en el norte de Holanda están estableciendo una compañía de reciclado, juntando los desperdicios plásticos del continente de una variedad de centros de colección que incluyen transportes y compañías de empaque, centros de compra, etc.

Los desperdicios son separados y seleccionados para ser fundidos y nuevamente moldeados para ser reutilizados en muchas áreas; por ejemplo cubetas, artículos para la construcción, placas, bases y productos similares son hechos de esta manera.

Otra compañía se especializa en la regeneración de botellas. Después de pasar por un proceso las botellas terminadas son hechas exclusivamente de polietileno de alta densidad. Un granulado uniforme de alta calidad es obtenido y puede distribuirse convenientemente para una

amplia variedad de productos.

En resumen, los ejemplos prácticos de varias industrias indican que el reciclado de plásticos ha hallado un mercado el cual puede ser operado económicamente incluso, hasta en condiciones difíciles. Claro que el regeneramiento y reuso de desperdicios plásticos no solo necesita procesos calificados sino también un entrenamiento completo en tecnología plástica para el personal. La tecnología de reciclado es parecida a una disciplina de educación y entrenamiento. Ciencia e industria tienen mucho por hacer en el reuso de plásticos y deberán darle prioridad y hacerlo pronto por el interés del ramo.

Encontramos dos limitantes para el reciclado de plásticos; el primero consiste que a mayor reciclado baja la demanda de material virgen y estandariza el material para cada aplicación, lo cual puede acarrear problemas "económicos" a esta industria, es donde la actitud de la industria debe empezar a cambiar y por otro lado los continuos desarrollos en materiales plásticos pronto encontraron con que reemplazar a las resinas actualmente usadas creando nuevas formas de empaque, y el desarrollo de reciclado no va al parejo de estos avances tecnológicos que solo buscan mejorar el empaque y aún no consideran en su planeación la manera de reutilizar al empaque. Urge actuar pronto para que la comercialización de desechos plásticos se desarrolle en todas las áreas y sea atractiva la opción del reciclado, independientemente que el Estado legisle el uso apropiado de estos materiales.

CAPITULO 4

COMENTARIOS FINALES

Actualmente los empaques han tomado el lugar que les corresponde, ya que no se manejan aisladamente del producto terminado, sino como parte de éste. Y aunque la historia del empaque se remonta a muchos años atrás, el desarrollo de sus materiales ha tomado fuerza hasta este siglo. Y siendo los plásticos el material que debido a las características que poseen tanto individualmente como combinados, el que ha ido desplazando a otros materiales.

Debido al crecimiento de la industria plástica es que se ha tratado de reunir la información y características de aquellos plásticos que mas se usan en la industria de alimentos para la elaboración de empaques y aunque no se pretende que de este trabajo se pueda diseñar un empaque plástico, si nos proporciona las bases para iniciar un estudio sobre el material que sea mas adecuado para nuestro producto, así como los principales puntos a tomar en cuenta para una selección efectiva del material de empaque.

Por otro lado también recalca la importancia del reciclado como la opción, actualmente, mas útil, para el manejo de desperdicios plásticos y que es ahora el momento preciso para actuar y contribuir al cambio de actitud de todos los que tienen contacto con estos materiales y que juntos, Industria e Investigadores compartan conocimientos y desarrollos para minimizar este problema tanto en nuestro país como en el resto del mundo.

A P E N D I C E

Tablas y Gráficas

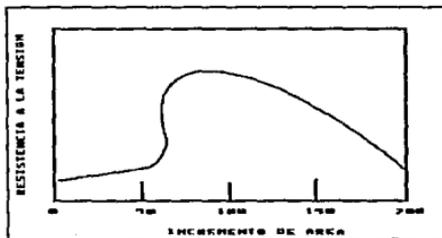
Degradación de películas por irradiación.¹

Poliestireno	Sin efecto
Goma de hidrocarburo	1
Nylon	2
Policarbonato	5
Saran	10
Polietileno	20
Polipropileno	20
Poliacetal	50
Cloruro de polivinilo	Alto
Papel	Muy alto ²

¹Las figuras son basadas en micromoles de gas producidos de 1 g de película a 6 megareads de radicación de rayos gamma.

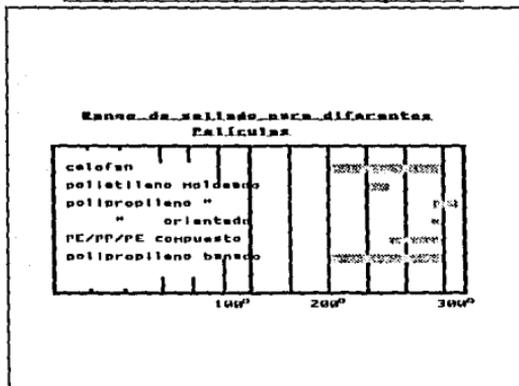
²Papel y materiales similares celulósicos pierden sobre un 20% de su fuerza.

Efecto de la orientación en la fuerza de la película del poliestireno.



Casi no desarrolla arriba de un punto y entonces un rápido incremento tiene lugar.

Rango de sellado para diferentes películas

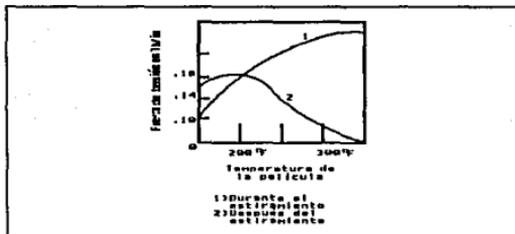


" Las películas libres tienen un estrecho rango y tienen defectos cuando la temperatura es excesiva. Las películas bañadas tienen un menor punto de fusión que suministra un rango más ancho de sellado térmico que es por debajo del punto de fusión de la base de la película. "

Propiedades de películas estirables

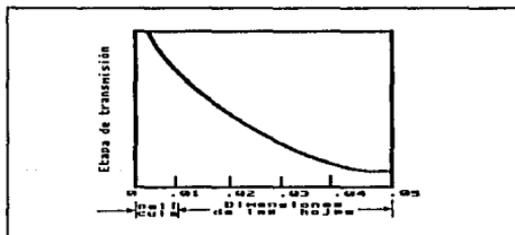
Tipo de película	Estiramiento típico (%)	Temperatura de estiramiento (°F)	Temperatura de sellado (°F)
Poliéster	35	350	275
Polietileno	30	340	275
Polipropileno	60	425	350
Cloruro de polivinilo	60	325	225
Goma de hidrocarburo	45	300	250
Saran	45	350	280
Estireno	50	300	250

Resistencia a la película estirable.



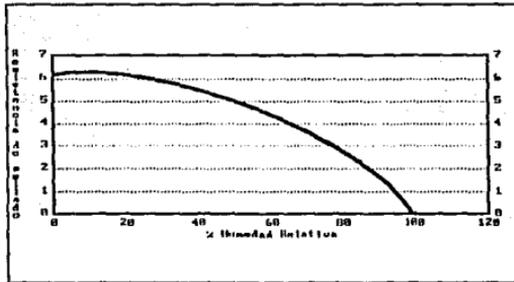
"La tensión ejercida por películas estirables depende de la temperatura usada para el estiramiento. Si es alta, la tensión inicial será alta, pero la tensión no se mantendrá arriba durante su almacenamiento."

Permeabilidad



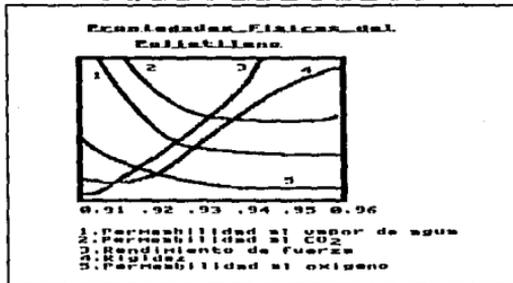
"Los rangos de transmisión de gas son inversamente proporcionales a las dimensiones de la película."

Condiciones de sellado del Celofán.



" El sello hecho en un celofán almacenado en atmósfera seca es mas intenso y fuerte que en condiciones húmedas ".

Propiedades físicas del Polietileno.



Rigidez en películas típicas de polietileno

Densidad	Modelos de elasticidad 10 ⁵ psi
0.915	0.30
0.916	0.35
0.917	0.40
0.920	0.60
0.925	0.85
0.930	0.95
0.940	1.20
0.950	1.35
0.960	1.55

Efecto de la densidad en las propiedades de películas de polietileno

Propiedades	Baja densidad	Alta densidad
Rango de transmisión de vapor de agua, g/100sq in/24hr/mil	1.20	0.25
Rango de transmisión de oxígeno, cc/sq m/24 hr/mil	8,900	2,200
Rango de transmisión dióxido de carbono cc/sq, m/24 hr/mil	27,000	5,400
Resistencia a la tensión, psi a 20 in/mín	2	168
	2,000	3,400
Resistencia al impacto, oz por 27 in/drop-dart/2 mil/- película	4.5	1.5
Resistencia al rasgado, g/mil	150	75

Características de deslizamiento de películas de polietileno

Tipo	Coefficiente cinético de deslizamiento de película a película
Alto deslizamiento	0.1 - 0.2
Deslizamiento medio	0.2 - 0.5
Bajo deslizamiento	0.5 - 1.0

Comparación de Películas de PVC orientadas

Tipo	MVT en g por 100 sq in por 24 hrs.	cc por 100 sq in. por 24 horas			Resistencia a la tensión psi	Resistencia al rasgado g/mil	Porcentaje de estiramiento	Coeficiente de deslizamiento
		O ³	N ³	CO ³				
Rígido	4	20	3	140	16,000	5	50	0.5
Flexible	14	183	30	785	8,000	60	124	5

Densidad de películas plásticas

Película	Densidad	Película	Densidad
Polipropileno	0.90	Propionato de celulosa	1.21
Poliétileno	0.93	Poliuretano	1.24
Poliestireno	1.07	Alcohol polivinilo	1.25
Goma de hidrocloreuro	1.11	Acetato de celulosa	1.30
Nylon 6/6	1.14	Nitrato de celulosa	1.38
Poliéster	1.15	Cloruro de polivinilo	1.40
Butirato de celulosa	1.18	Celofán	1.44
Acrílico	1.19	Saran	1.68
Policarbonato	1.20		

Solubilidad de películas plásticas para su identificación.

Película	Acetona	Amil Formato	Tetracloruro de Carbono	Acido Cresílico	Ciclo Hexano	Dimetil Formamida	Acetato Etilo	Alcohol Etilico	Acido Fórmico	Alcohol Metílico	Agua	Tolueno (hirviendo)
Acrílico	..	..	I	..	..	..	S	..	..	I		
Celofán	I											
Acetato de celulosa	S											
Butirato de celulosa	S											
Nitrato de celulosa	S	S	..	..	..	..	S	I				
Propinato celulosa	S											
Nylon	..	..	I	S	I	..	I	..	S	..	..	I
Policarbonato	..	..	S	..	..	..	I	..	..	..	..	I
Poliéster	I											
Poliétileno	I	..	I	..	..	..	I	..	..	I	..	S
Polipropileno	I	..	I	..	..	..	I	..	..	I	..	S
Poliestireno	S	..	S	..	..	..	S	..	..	I	..	S
Alcohol polivinilo	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	S	
Cloruro de polivinilo	S	..	I	..	S	S	I	..	..	..	..	I
Goma Hidrocloruro	..	..	S	..	..	..	I	..	..	I	..	S
Saran	S	..	I	..	S	S	I	..	..	..	..	I

CAPITULO 5
BIBLIOGRAFIA

- 1) Handbook of Package Engineering
Joseph F. Hanlon
Mc. Graw Hill,
U.S.A. 1971.
- 2) Introducción a la Ingeniería de Empaques.
José Antonio Rodríguez Tarango
México, 1992.
- 3) Modern Plastics Encyclopedia 1988.
Mc. Graw Hill,
U.S.A. 1988.
- 4) Packaging foods with plastics
Wilmer A. Jenking
James P. Harrington
Technomic Publishing Company, INC.
U.S.A. 1989.
- 5) Kunststoffe
German Plastics
Vol. 18, Abril 1991.
- 6) Plastics & Rubber International
The Journal of the plastics and rubber Institute.
Vol. 15, Número 5, Octubre 1990.